

資料4  
科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
第11期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会  
（第1回）

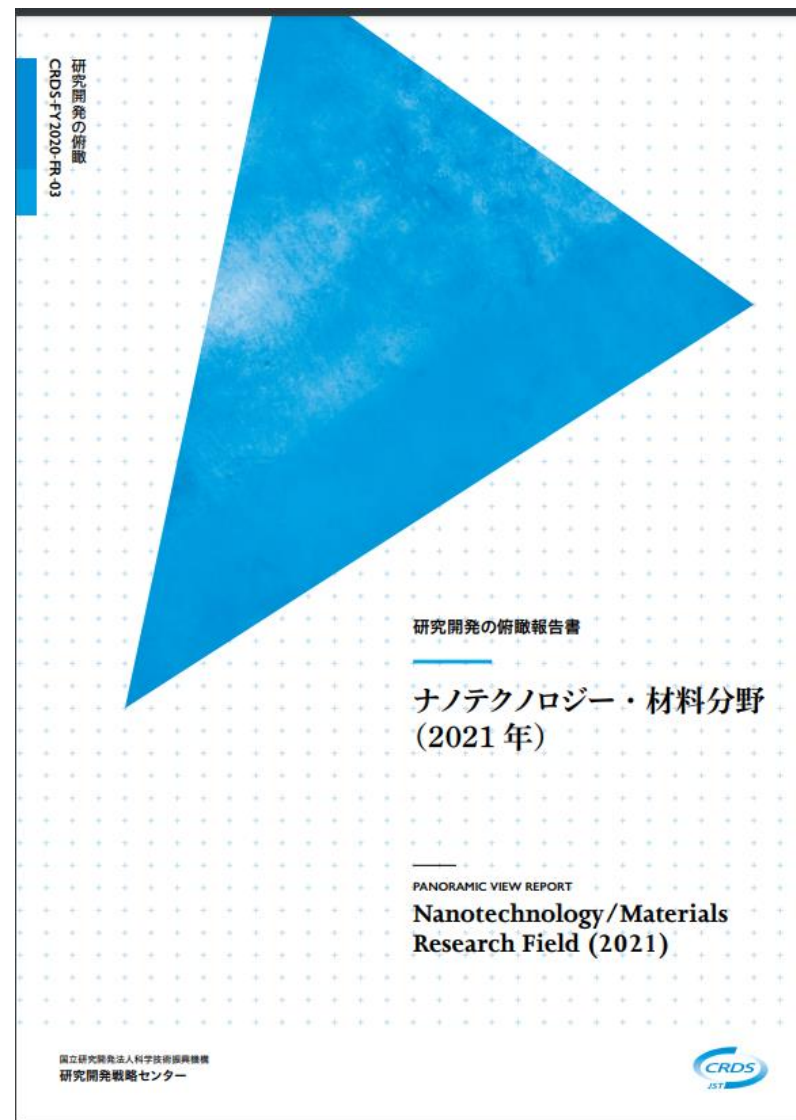
# 研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野(2021年) 内容紹介

2021年5月25日

JST研究開発戦略センター(CRDS)  
ナノテクノロジー・材料ユニット

# 研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野(2021)

- 2021年4月公開.
- CRDSが科学技術分野別\*に発行した4分冊の中の一つ。（他には「環境・エネルギー分野」、「システム・情報科学分野」、「ライフサイエンス・臨床医学分野」）
- 総ページ数 465ページ
- 執筆協力者 約120名



\*分野別版以外に、  
「統合版（2021年）～俯瞰と潮流～」  
「主要国の研究開発戦略（2021年）」  
「日本の科学技術イノベーション政策の変遷2021 科学技術基本法の制定から現在まで」  
を発行。統合版以外は公開済み。

# 研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野 (2021年)

## 1 俯瞰対象分野の全体像

### 1.1 俯瞰の範囲と構造

- 1.1.1 社会の要請、ビジョン
- 1.1.2 科学技術の潮流・変遷
- 1.1.3 俯瞰の考え方 (俯瞰図)

### 1.2 世界の潮流と日本の位置付け

- 1.2.1 社会・経済の動向
- 1.2.2 研究開発の動向
- 1.2.3 社会との関係における問題
- 1.2.4 主要国の科学技術・研究開発政策の動向
- 1.2.5 研究開発投資や論文、コミュニティ等の動向

### 1.3 今後の展望・挑戦課題

- 1.3.1 今後重要となる研究の展望・方向性
- 1.3.2 日本の研究開発の現状と課題
- 1.3.3 国として推進すべき重点テーマ
- 1.3.4 研究開発体制・システムのあり方

## 2 俯瞰区分と研究開発領域

### 2.1 環境・エネルギー応用

- 2.1.1 次世代太陽電池材料
- 2.1.2 蓄電デバイス
- 2.1.3 パワー半導体材料・デバイス
- 2.1.4 エネルギーキャリア
- 2.1.5 分離技術

### 2.2 ライフ・ヘルスケア応用

- 2.2.1 バイオ材料
- 2.2.2 ナノ医療システム
- 2.2.3 バイオ計測・診断デバイス
- 2.2.4 バイオイメーjing

### 2.3 ICT・エレクトロニクス

- 2.3.1 新機能ナノエレクトロニクスデバイス

### 2.3.2 集積フォトニクス

### 2.3.3 スピントロニクス

### 2.3.4 MEMS・センシングデバイス

### 2.3.5 ロボット基盤技術

### 2.3.6 量子情報・通信

### 2.3.7 量子計測・センシング

### 2.4 社会インフラ

#### 2.4.1 構造材料 (金属)

#### 2.4.2 構造材料 (複合材料)

### 2.5 物質と機能の設計・制御

#### 2.5.1 分子

#### 2.5.2 元素戦略・希少元素代替

#### 2.5.3 マテリアルズ・インフォマティクス

#### 2.5.4 フォノンエンジニアリング

#### 2.5.5 トポロジカル材料

#### 2.5.6 低次元材料

#### 2.5.7 複雑系材料の設計・プロセス

#### 2.5.8 ナノ工学制御技術

### 2.6 共通基盤科学

#### 2.6.1 微細加工プロセス

#### 2.6.2 積層造形・レーザ加工

#### 2.6.3 ナノ・オペランド計測技術

#### 2.6.4 物質・材料シミュレーション

### 2.7 共通支援策

#### 2.7.1 ナノ・マイクロマテリアルの ELSI/EHS、国際標準

# 研究開発俯瞰図（ナノテクノロジー・材料分野）2021年

## めざす社会（Society5.0、包摂的/持続可能社会）

低環境負荷 安全性 信頼性 レジリエンス 省エネ・省資源プロセス リサイクル 資源保全 低コスト

安全低環境負荷の輸送と低消費電力大容量の通信

水・大気・資源の循環を可能にするスマート材料

健康・医療・生産システムを支えるバイオ技術

人と共生するロボット

コンピュータ革新を支える IoT/AI/量子デバイス

省/創/蓄エネのための先端材料・デバイス

### 融合、コンバージェンス

#### 環境・エネルギー

次世代太陽電池材料  
蓄電デバイス  
パワー半導体材料・デバイス  
エネルギーキャリア  
分離技術  
燃料電池  
エネルギーハーベスト  
バイオマス

#### ライフ・ヘルスケア

バイオ材料  
再生医療材料  
バイオプリンティング  
ナノ医療システム  
ドラッグデリバリー  
バイオ計測・診断デバイス  
バイオイメージング  
セラノスティクス

#### ICT・エレクトロニクス

新機能ナノエレクトロニクスデバイス  
AIコンピューティングデバイス  
MEMS・センシングデバイス  
ロボット基盤技術  
スピントロニクス  
量子情報・通信  
量子計測・センシング  
集積フォトニクス 無線デバイス

#### 社会インフラ

構造材料（金属、複合材料）  
マルチマテリアル化技術  
軽量・高強度材料  
劣化・腐食・破壊診断技術  
非破壊検査技術  
自己修復材料  
極限環境材料  
耐熱材料

#### 共通支援策

ELSI/EHS/RRI  
中長期の人材育成・教育施策  
国際標準化・規制戦略  
知的財産の蓄積・活用策  
先端研究インフラ（装置・データ）  
データ収集・蓄積・構造化・利活用  
産学官連携・オープンイノベーション方策  
国際連携・グローバル戦略  
技術セキュリティ  
府省連携  
異分野融合の促進策

#### 物質と機能の設計・制御

分子技術  
元素戦略・希少金属代替技術  
マテリアルズインフォマティクス  
フォノンエンジニアリング  
トポロジカル材料  
ナノ工学制御

低次元材料  
複雑系材料の設計・プロセス  
反応制御：  
非平衡反応（反応蒸留）  
反応場（電場・磁場・音波）  
マイクロ波・衝撃波

プロセスインフォマティクス  
非平衡・高温・高圧プロセス制御  
ヘテロ構造・人工超格子  
メタマテリアル・メタサーフェス  
フォトニック結晶・フォノンニック結晶

超分子  
量子ドット  
ナノ粒子・クラスター  
ナノカーボン  
バイオプラスチック  
バイオインスパイアード材料・システム  
金属有機構造体(MOF)

#### 共通基盤科学技術

##### 加工・プロセス

微細加工プロセス、積層造形、レーザ加工、フォトリソグラフィ、EUV露光、ナノインプリント、接着技術、接合技術、インクジェット、自己組織化、結晶成長、薄膜・コーティング、マイクロ波化学、原子層堆積、原子層エッチング

##### 計測・分析

電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、X線・放射光計測、中性子線計測、高圧・高温・液中計測、マルチモーダル計測、テラヘルツ分光・計測

##### 理論・計算・データ科学

第一原理計算、分子動力学、分子軌道法、モンテカルロ法、フェーズフィールド法、マルチスケールシミュレーション、データ生成モデル、機械学習、最適化、データ同化、ハイス推論、グラフ理論、パーシステントホモロジー

##### 研究開発DX

実験自動化、ハイスループット実験

ナノサイエンス ← (物質科学 ∪ 量子科学 ∪ 光科学 ∪ 生命科学 ∪ 情報科学 ∪ 数理科学)



# 主要な研究開発領域 (31領域)

俯瞰区分	研究開発領域
環境・エネルギー応用	次世代太陽電池材料
	蓄電デバイス
	パワー半導体材料・デバイス
	エネルギーキャリア
	分離技術
ライフ・ヘルスケア応用	バイオ材料
	ナノ医療システム
	バイオ計測・診断デバイス
	バイオイメージング
ICT・エレクトロニクス応用	新機能ナノエレクトロニクスデバイス
	集積フォトニクス
	スピントロニクス
	MEMS・センシングデバイス
	ロボット基盤技術
	量子情報・通信
	量子計測・センシング
社会インフラ応用	構造材料 (金属)
	構造材料 (複合材料)

俯瞰区分	研究開発領域	
物質と機能の設計・制御	分子技術	
	元素戦略・希少元素代替技術	
	マテリアルズ・インフォマティクス	
	フォノンエンジニアリング	
	トポロジカル材料	
	低次元材料	
	複雑系材料の設計・プロセス	
ナノ力学制御技術		
共通基盤科学技術	加工・プロセス	微細加工プロセス 積層造形・レーザー加工
	計測・分析	ナノ・オペランド計測技術
	理論・計算	物質・材料シミュレーション
	共通支援策	ELSI・EHS ナノテクノロジーのELSI/EHS、国際標準

## 領域選定の基準

- その技術が科学の新しい潮流に基づく (エマージング性)
- その技術が社会や経済に与える影響は大きい (社会・経済インパクト)
- 継続的に技術が進化しており注視し続ける必要がある (継続性)

# 外部環境

## ■ 不透明な国際情勢

- 米中の覇権争いの様相が激化  
輸出規制等による互いの封じ込め  
安全保障関連の研究分野への積極的投資
- グローバルサプライチェーンの変化  
基幹産業の国内回帰と、重要技術の内製化の動き  
戦略物資確保にむけた国家戦略策定  
→ 2/24 大統領令で半導体、電池、希少元素、医薬品のサプライチェーン見直しを指示

## ■ 各国の戦略的科学技术投資が加速

- イノベーションの核となる科学技术への積極的な投資  
社会課題の解決につながる方策を構築するとともに、基礎研究にも重点を置いた研究開発体制

## ■ 情報技術による研究開発パラダイムの転換

- データ科学などの情報技術の進展により、技術革新速度が格段に加速  
これまで通りの研究開発スピードでは、追い抜くどころか追随することすら困難に

## ■ カーボンニュートラルに向けた動きの加速

- 日本の2030年CO2排出量削減目標\* 26% → 46%に  
2015年パリ協定INDCの想定を大幅に前倒し  
実現のためには、「再生可能エネルギーの大幅導入」、「ESG投資の推進により産業界の自発的な開発を促進」などの従来方法の積み上げでは見通し立たず。根本的なイノベーションが必要に。

# ナノテクノロジー・材料技術の潮流

## ■ Society 5.0の実現へ貢献

- サイバー フィジカルをつなぐ**境界領域を支えるコア技術**として貢献。  
IoTデバイス、最先端半導体、自動運転、ロボット、ポスト5G通信など。ポスト Mooreデバイスとしての脳型、量子デバイス に期待

## ■ グローバルな環境・エネルギー問題の解決

- SDGsにむけた取り組みに多くの側面で貢献。  
世界中で**カーボンニュートラル**に向けエネルギー政策の見直し。材料・デバイス技術に期待。
- 循環型社会（サーキュラーエコノミー）への取り組みに貢献。  
物質・材料・デバイスの研究開発において、循環過程を考慮したLCA視点での設計製造が重要に。

## ■ 超高齢社会、ポストコロナ社会への適応

- 健康寿命延伸へ「健康維持」「疾患治癒」「身体機能の補修・代替・拡張」などへの貢献。
- 感染症対策、超早期診断、在宅医療システム、難治疾患・がん・脳疾患などへの貢献。

# 日本の現状と課題

## ■ 日本にとっての部素材・製造業の変わらぬ重要性

- 生命線は輸出、その90%は工業製品であり、代替する規模の産業は現時点でない

## ■ 過去からの技術蓄積による競争力の保有

- エネルギー材料、電子材料、複合材料などの物質創成・材料設計技術、センサ、コンピューティングのエッジ側へテラ集積モジュール技術に強み。
- 半導体製造装置、各種加工装置に高い競争力。
- 多くの技術分野において保有する特許の質・量は、競争力を維持。

## ■ 成長領域での競争の激化

- 中国を中心とする東アジア各国の成長により、部素材産業でシェア低下製品も散見。
- 基礎研究での強みが応用研究・産業競争力の強みにつながらない傾向。

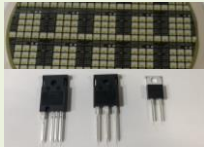
## ■ 研究開発手法における課題

- 標準化、規制戦略、産学連携、ナノ物質・新物質のELSI/EHS、人材育成に課題。
- データ科学と材料科学の融合によるマテリアル開発加速の方向性は国際的にも大競争。

# 世界的な研究開発トレンド・技術開発の潮流

## 次世代 パワー半導体

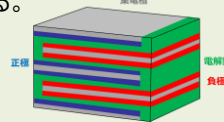
SiC、GaNが実用化フェーズに。Siの高性能化も着実に進む。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ダイヤモンドなどウルトラワイドギャップ半導体への関心が高まる。



SiCパワー半導体デバイス (鉄道大)

## 次世代蓄電 デバイス

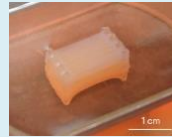
LIBの着実な高性能化が進む中、全固体型、金属-空気、多価イオン、リチウム-硫黄などの革新電池の研究にも進展。一部のメーカーから量産のアナウンスもある。



チップ型全固体電池 (村田)

## バイオファブリケーション

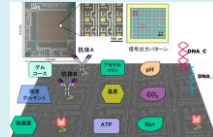
細胞からなる3次元組織体を生体外で構築する技術が進展。組織・臓器再生、創薬などの医療用途に加えて、培養肉製造への応用にも期待。



サイコロステーキ状の大きな筋組織 (東大)

## 集積化マルチモーダルセンサ

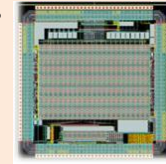
AIによる危険予知や状況認識には多種多様なデータが必要。信頼性が高く様々なデータを取得可能なマルチモーダルセンサに期待



マルチモーダルセンサの理想図 (豊橋技術大)

## 脳型AIチップ

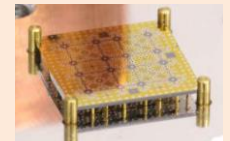
次世代人工知能技術に要求される高度な情報処理の実現に向け、脳の構造・機能にヒントを得た情報処理技術とそのチップ化に期待。



Si Chaos Neuron LSI (東北大学)

## 量子コンピューティング

米Google、中国科技大が量子優位性実現を相次いで発表。IBMも量子ビットの高集積化に向けた開発を進めるなど、競争が白熱



16量子ビット集積回路チップ (理研)

## 循環可能な材料設計・創製

材料の使い捨てから再利用へのシフトに関心が高まりつつあり、材料における結合・分解の精密制御による循環可能な材料の設計・創製への期待が高まっている。



結合・分解制御のイメージ図

## 多機能・複雑系材料設計・プロセス

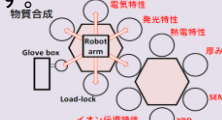
高性能化、多機能化、相反する機能の共存などを実現する複雑な組成や構造を有する新材料の設計とプロセス技術に期待。



團聚ナノ合金担持触媒 (京大)

## データ駆動型材料設計・創製

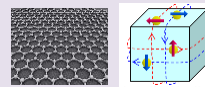
データ科学的手法の活用により物質設計・創製を革新。ロボットによる自律的探索や合成プロセスへのデータ科学を活用し、材料開発期間を大幅短縮を目指す。



物質探索ロボットシステム (東工大)

## 低次元・トポジカル材料

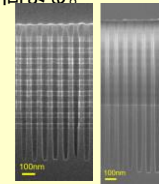
低次元性やトポロジーに起因する特徴的な電子状態を活かした次世代の電子デバイスやエネルギー変換デバイスの候補として、低次元材料やトポジカル材料に注目。



グラフェン (左) とトポジカル絶縁体 (右)

## 3次元微細加工

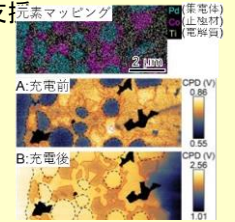
セルフアライメント化と高アスペクト化が先端半導体プロセスの重要な進化軸。選択的ALDや、超高選択比加工を可能にするALEへの期待が高まる。



高アスペクト比加工を施した基板の断面顕微鏡写真 (日立)

## オペランド計測

材料の合成課程やデバイスの動作状態の動的計測を通じて機構を解明。高機能材料・デバイスの開発を支援



全固体電池の充放電時のオペランド電位分布 (NIMS)



# 主要国のマテリアル科学技術政策・国家戦略

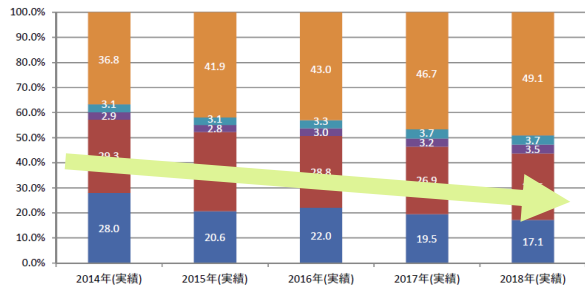
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 政府「マテリアル革新力強化戦略」を策定（2021）、第6期科学技術・イノベーション基本計画において同戦略を実行（2021.04-）</li> <li>◆ 文科省・経産省が公表した「マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて（戦略準備会合とりまとめ）（2020.06）」及び統合イノベーション戦略2020をもとに、<b>マテリアルDX-プラットフォーム構想を開始（2021.04-）</b></li> <li>◆ Q-LEAP（2018-）を開始</li> </ul>	
米国	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ National Nanotechnology Initiative（2001-）</li> <li>◆ Materials Genome Initiative(MGI)の後継策の一つとして、<b>NISTが High Through-put Experimental Material Collaboratory(HTE-MC)を実施(2017-)</b></li> <li>◆ DARPA Electronics Resurgence Initiative（2018-）、National Quantum Initiative（2019-）</li> <li>◆ <b>Critical Mineral Executive Order発令（2017.12）（2020.09）</b></li> <li>◆ <b>科学技術政策上の優先課題(バイデン大統領が戦略策定を指示)</b></li> </ul>	
欧州	EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Horizon 2020（2014-2020）               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Future and Emerging Technologies（FET）として、2019年よりBattery 2030+を開始</li> </ul> </li> <li>◆ <b>Horizon Europeの開始(2021-2027)</b></li> </ul>
	独	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ ハイテク戦略2025（HTS2025）（2018-2025）</li> <li>◆ Quantum Technologies –from basic to markets（2018-2022、最長2028）</li> <li>◆ <b>水素戦略2020（The National Hydrogen Strategy）（2020-）</b></li> </ul>
	英	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ UK Nanotechnologies Strategy（2010-）               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIS（現BEIS）が中心となって策定した省庁横断の国家ナノテクノロジー戦略</li> </ul> </li> <li>◆ UK COMPOSITES STRATEGY（2009-）               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BISを中心に航空機、自動車向けの耐久性が高く軽量かつ高性能な複合材料の開発</li> </ul> </li> <li>◆ UK Quantum Technologies Programme（2014-）</li> </ul>
	仏	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ SNR France Europe 2020（2015-）               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10の社会的課題に対する重点的研究方針として、希少資源への依存度減少、化石燃料からの脱却、新材料設計、センサーを特定</li> </ul> </li> <li>◆ <b>Nano 2022（2018-）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 次世代マイクロエレクトロニクスの研究開発拠点および製造拠点の形成</li> </ul> </li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 国家中長期科学技術発展計画綱要（2016-2020）               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 先端技術8分野の一つに「新材料技術」、重大科学研究4分野の一つに「ナノ研究」、13次五か年計画「中国製造2025」、「インターネット+」</li> </ul> </li> <li>◆ 国家イノベーション駆動発展戦略綱要（2016～2030年）</li> <li>◆ 国家重点研究開発計画の一つとして「材料ゲノム工学のキーテクノロジー」と支援「キーテクノロジー」を開始（2016-）</li> <li>◆ <b>中国製造2025 半導体自国化へ向け投資拡大。R&amp;D投資を対GDP比で1.5%程度から3%程度へ引き上げる</b></li> </ul>	
韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 第4期ナノ技術総合発展計画（2016-2025）米国の技術レベルを100%としたときに、92%まで到達させる</li> <li>◆ <b>第3次National Nanotechnology Map（2018-2027）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 70のコアテクノロジーを同定。ポータブル人工知能、ポータブル無線通信、無人飛行機、超急速充電電池などの開発を推進</li> </ul> </li> </ul>	

# 日本の産業の現状

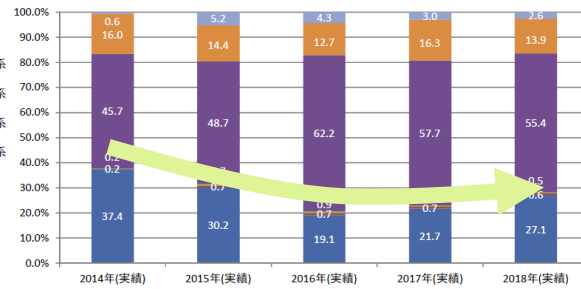
重要な部素材でシェアが徐々に低下

## 主な部素材の国際シェアの推移 (2014~18年)

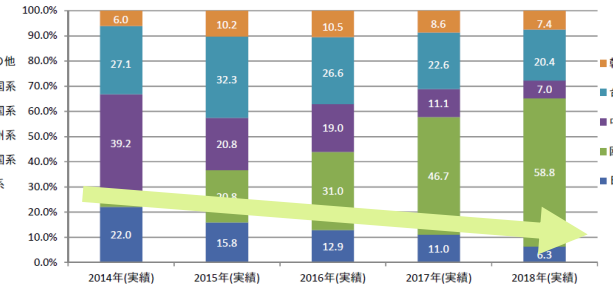
### NAND型フラッシュメモリー



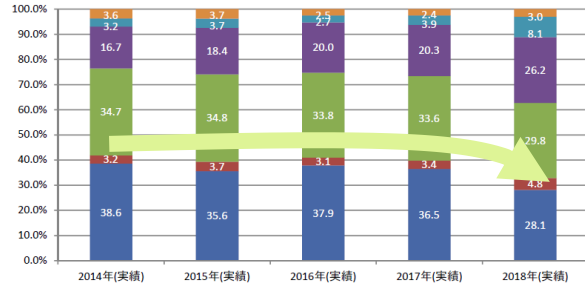
### リチウムイオン二次電池 (車載用)



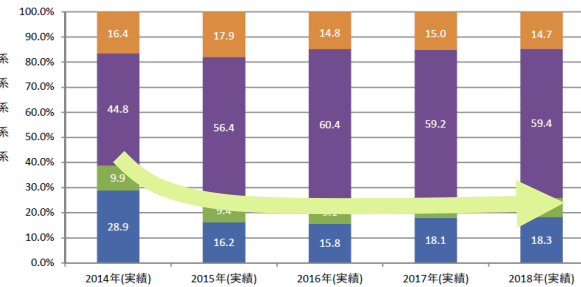
### サファイア基板



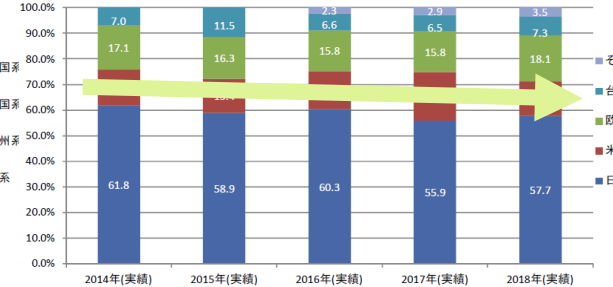
### パワートランジスタ (バイポーラ)



### リチウムイオン二次電池用 正極材

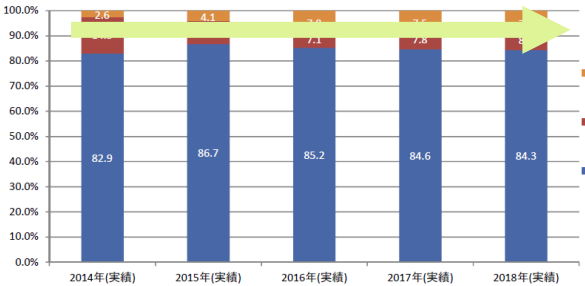


### 炭素繊維 (PAN系)

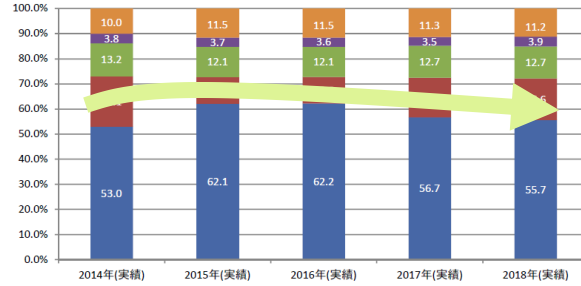


[参考] シェアを維持または拡大している例もある。

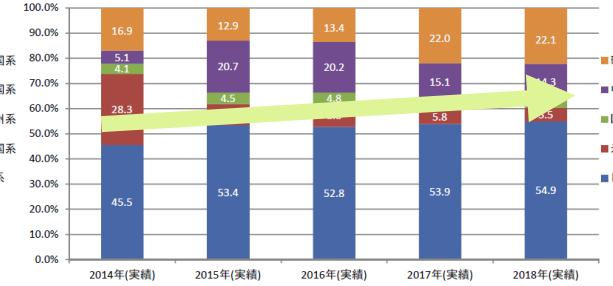
### フォトレジスト (KrF)



### シリコンウェハ



### CMOSイメージセンサー



# 研究者コミュニティ（主な学会動向）

## 【日本】

学会名	会員数(最新)	会員数(過去)	年会参加者(2019年度)
応用物理学会	20,106名 (2020年12月10日現在)	23,109名 (2002年12月末)	中止(春)/6,166名(秋)
日本物理学会	15,328名 (2019年12月末)	19,396名 (2002年12月末)	3,284名(秋・物性関係)
日本化学会	25,487名 (2020年2月末)	34,514名 (2005年2月末)	中止(春)
高分子学会	9,152名 (2020年3月末)	12,148名 (2004年3月末)	2,840名
日本金属学会	4,885名 (2020年2月末)	7,421名 (2006年2月末)	1,237名(春)/1,580名(秋)

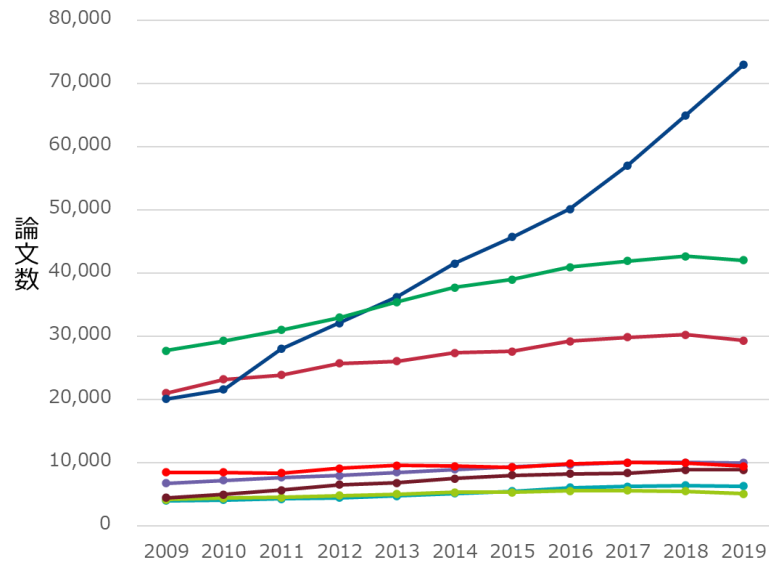
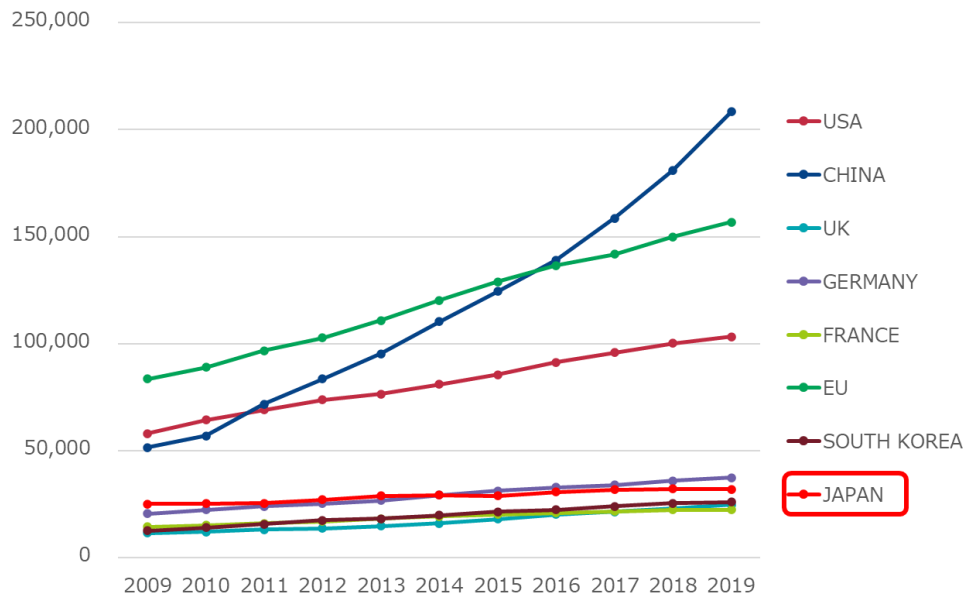
## 【米国】

学会名	会員数(最新)	会員数(過去)
American Physical Society (APS)	54,069名 (2019)	46,269名 (2008)
Materials Research Society (MRS)	14,092名 (2019)	約16,000名 (2008)
American Chemical Society (ACS)	約163,000名 (2019)	158,422名 (2005)

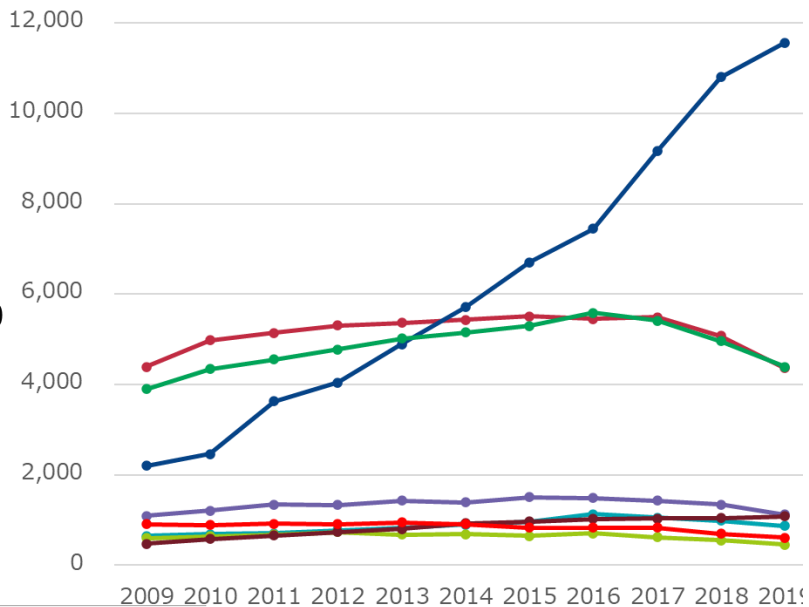
日本ではナノテクノロジー・材料に関係が深い学会の**会員数が減少傾向**にある

# 論文執筆者, 論文数, トップ10%論文の推移

論文執筆者数(人)

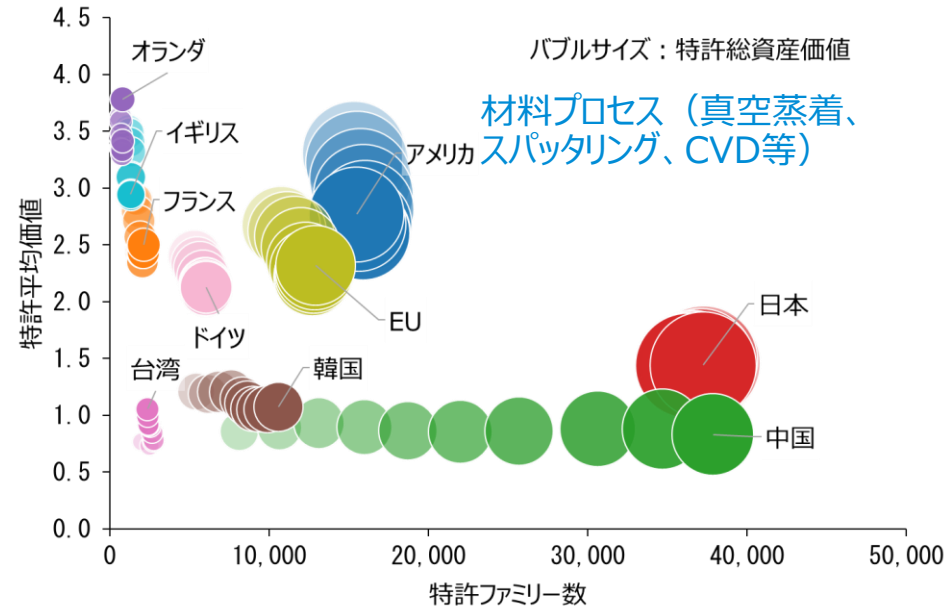
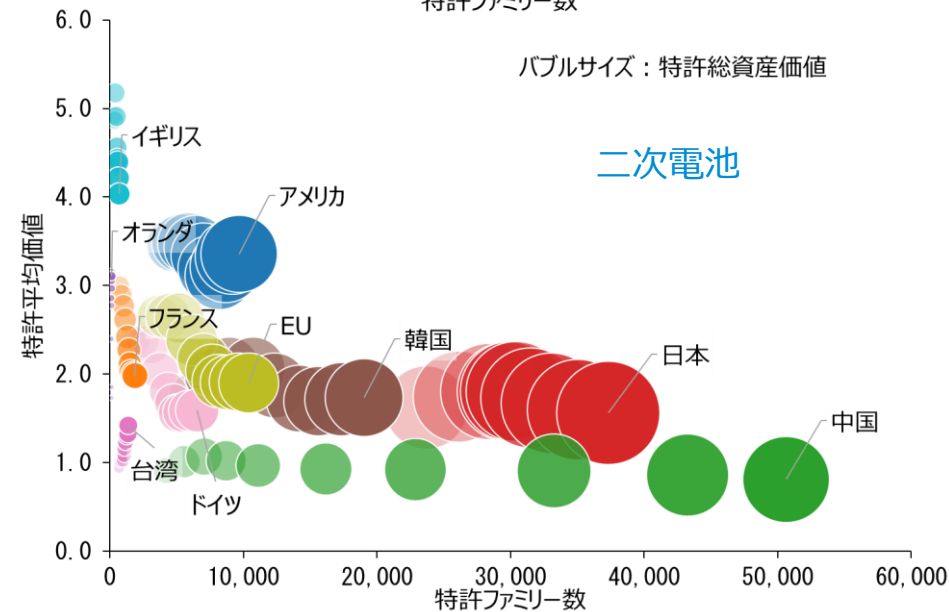
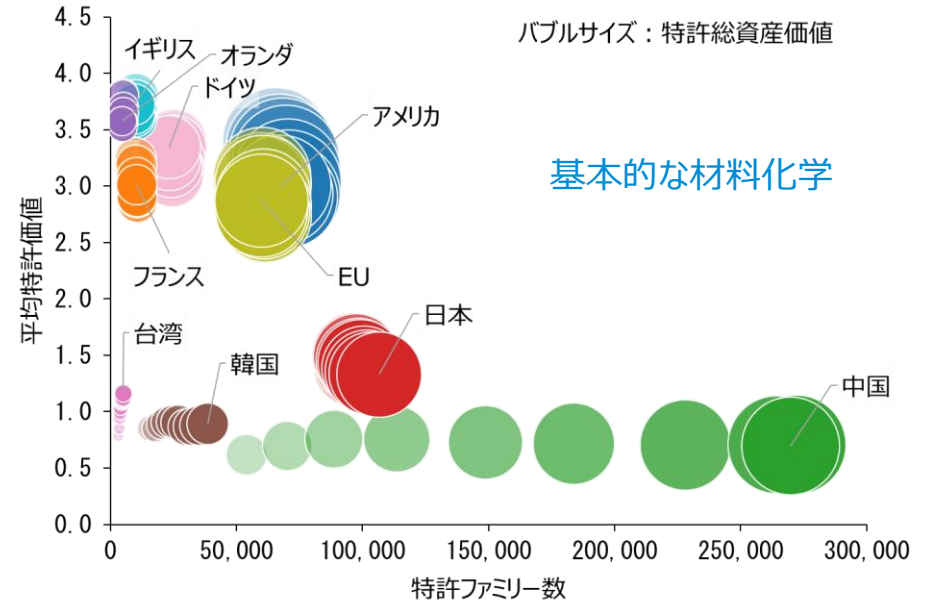
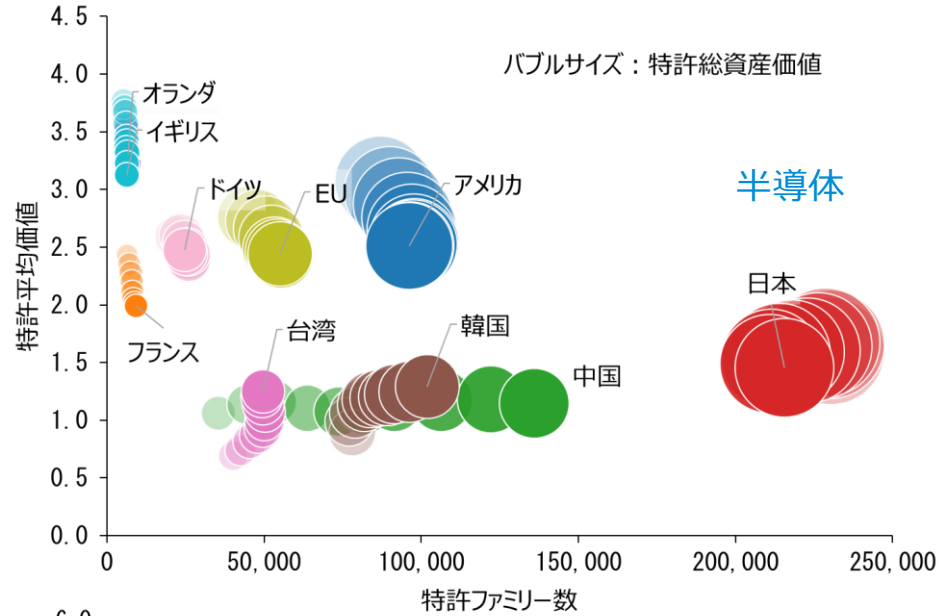


被引用トップ10%論文数



# 特許の推移

特許に関しては、依然伝統的な強みは維持されている。  
この10年間の中国の躍進が著しい。





# 日本の研究開発の現状と課題

## ◆ 各俯瞰区分ごとに日本の研究開発の現状と課題を記述。

### 環境・エネルギー分野

- 全般的に基礎研究に強みを有し、太陽電池、蓄電デバイス、パワー半導体、エネキャリアでは国家PJも充実している。
- 一方、太陽電池、蓄電デバイスなどで素材シェアが下降している。
- デバイスの性能向上だけでなく、システム化技術開発を強化し製品普及段階での競争力を向上することが課題。

### ライフ・ヘルスケア分野

- バイオ材料、ナノ医療システム、バイオ計測・診断デバイス、バイオイメージングなどの領域において日本はレベルの高い基礎研究をおこなっているものの、**基礎研究の強みが産業化フェーズの競争力につながっていない。**
- ナノテク・材料分野の基礎研究と、ライフ・ヘルスケアに関わる応用研究・開発をつなぐための支援体制構築が課題。

### ICT・エレクトロニクス分野

- 新機能ナノエレクトロニクス、集積フォトニクス、スピントロニクス、MEMS・センシングデバイス、ロボット基盤技術、量子情報・通信のいずれも基礎研究は高水準だが現状維持トレンド。
- **人材の減少を食い止め技術を守る仕組みが必要。**量子計測・センシングは上昇トレンドだが研究開発投資の規模は海外と比べて不十分。

### 社会インフラ分野

- 金属材料、複合材料とも研究レベルは高い。特に**炭素繊維の生産については世界市場で圧倒的な強さを維持。**
- 応用分野として自動車のマルチマテリアル化は欧米に遅れをとっており、日本が優位であった自動車部材である電磁銅板の開発は中国の開発向上が著しい。今後の高い競争力維持・向上のためには更なる性能向上が不可欠。

### 設計・制御技術

- マテリアルズ・インフォマティクス、フォノンエンジニアリング、トポロジカル材料、低次元材料、ナノ力学制御技術は世界的にホットな研究領域。
- **日本は基礎研究は活発であるが、応用研究・開発は、欧米と比較すると現状ではやや劣勢にある。**

### 共通基盤科学技術

- 微細加工では、微細化で立ち遅れ。
- 研究開発の戦略を多面的視点から検討していく必要。積層造形・レーザー加工では、国プロを中心に成果が挙がりつつある。
- ナノ・オペランド計測では、**各計測技術で顕著な成果が出ている。**
- 物質・材料シミュレーションでは、**欧米各国と並んで分野を牽引**

基礎研究における強みを応用研究に繋げる手法の構築が必要

# 今後重要となる研究の展望・方向性

◆ 各俯瞰区分ごとに日本の研究の展望と方向性を記述。

## 環境・エネルギー分野

- 脱炭素社会、資源循環型社会への要請から、再エネ利用技術、高効率エネ蓄積・変換技術、の研究開発が活発化。
- 特に、太陽電池、蓄電デバイス、分離技術の強化が顕著。材料・デバイス等の要素技術開発だけでなく、システム化技術開発、導入ロードマップの検討も含めた社会実装の加速が重要

## ライフ・ヘルスケア分野

- 近年の進展著しいライフサイエンスとナノテク・材料技術の融合による、新しい健康・医療技術の実現に期待。
- 病の早期発見・診断デバイス、環境中の病原体検出デバイス、診断と治療を一体化・複合化するナノセラノスティクス、身体の機能低下・損傷部位を修復・代替する材料・デバイスなどの実現に向けた研究開発が進展。

## ICT・エレクトロニクス分野

- ロジックデバイスや不揮発性メモリは3次元構造の時代に本格的に突入。
- 電荷だけでなく、スピンや光子を使った新デバイス技術、量子情報処理技術の進展が期待される。
- 脳神経の動作にヒントを得た新しいアーキテクチャが開発され、ビッグデータ処理の超高速化・低消費電力化が進むと期待される。

## 社会インフラ分野

- 理論計算や数値計算モデルを活用した新しい物性予測・組織設計の技術開発(MI)が進展
- 金属材料ではハイエントロピー合金、積層造形が国際的にホット。
- 複合材料では輸送機器への適用によりCFRPに注目。
- バイオマス材料としてセルロースナノファイバーを強化繊維として用いる動きも活発化。

## 設計・制御技術

- 幅広いニーズに応えるための重要技術。学問領域を超えた連携が必要。
- 複合化・多元素化による材料の高機能化・複数機能の実現や自然界に豊富に存在する元素の組み合わせでの機能実現が求められる。
- データ科学を活用した材料設計・探索や合成プロセスの探索・最適化の動きが活発化。さらなる進展に期待。

分野融合の動きは相変わらず顕著だが、特に、データ科学との融合が、複数の区分で重要となってきている。

### 環境・エネルギー応用

研究開発領域	太陽電池		蓄電デバイス		パワー半導体		エネルギーキャリア		分離技術								
	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	膜分離技術		気体液体分離		CO <sub>2</sub> 分離		金属分離		
国	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	◎	→	◎	→	◎	→	◎	→	○	→	◎	↗	○	→	○	↘
米国	基礎	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	→
欧州	基礎	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→
中国	基礎	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗
韓国	基礎	○	→	○	↗	△	↘	○	→	◎	↗	△	↗	◎	↗	○	→

### ライフ・ヘルスケア応用

研究開発領域	バイオ材料		ナノ医療システム		バイオ計測・診断		バイオイメージング		
	国	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状
日本	基礎	○	→	◎	→	○	→	◎	→
米国	基礎	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗
欧州	基礎	◎	→	◎	→	◎	→	◎	→
中国	基礎	○	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗
韓国	基礎	○	→	○	↗	○	→	○	→

### 共通基盤科学技術

研究開発領域	微細加工プロセス		積層造形・レゾグラフィ		ナノ・オペランド計測技術		物質・材料シミュレーション		
	国	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状
日本	基礎	◎	↘	○	↗	◎	↗	◎	↗
米国	基礎	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗
欧州	基礎	○	→	○	↗	○	→	◎	↗
中国	基礎	△	→	◎	↗	○	↗	◎	↗
韓国	基礎	△	→	△	↗	△	→	△	→

### 共通支援策

研究開発領域	国際標準		
	国	フェーズ	現状
日本	取組水準	△	↘
米国	取組水準	○	→
欧州	取組水準	◎	↗
中国	取組水準	○	↗
韓国	取組水準	○	→

### ICT・エレクトロニクス応用

研究開発領域	デバイス・新機能イノベーション		集積フォトニクス		スピントロニクス		MEMS・センシング・デバイス		ロボット基盤技術		量子情報・通信		量子計測		
	国	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	
日本	基礎	○	→	○	→	◎	→	○	→	○	↗	○	→	○	↗
米国	基礎	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗
欧州	基礎	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗
中国	基礎	○	↗	○	↗	◎	↗	○	↗	○	↗	○	↗	△	↗
韓国	基礎	○	→	△	→	○	↗	△	↘	○	↗	×	→	△	→

### 物質と機能の設計・制御

研究開発領域	分子技術		元素戦略・希少元素代替技術		マテリアルズ・インフォマティクス		フォノン・エンジニアリング		トポロジカル材料		低次元材料		複雑系材料の設計・プロセス		ナノ力学制御技術	
	国	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	◎	↗	◎	↗	○	↗	◎	↗	◎	→	○	↗	◎	↗	
米国	基礎	◎	↘	○	↗	◎	↗	◎	↘	◎	↗	◎	↗	◎	↗	
欧州	基礎	◎	→	○	↗	○	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	
中国	基礎	○	↗	○	→	○	↗	◎	↗	◎	↗	○	→	○	↗	
韓国	基礎	△	→	△	→	○	↗	○	→	○	→	○	→	△	↗	

### 社会インフラ応用

研究開発領域	構造材料（金属材料）		（複合材料）		
	国	フェーズ	現状	トレンド	現状
日本	基礎	◎	→	○	→
米国	基礎	◎	→	○	→
欧州	基礎	○	→	○	→
中国	基礎	○	↗	○	→
韓国	基礎	○	→	△	↗

(註1) フェーズ  
 基礎：大学・国研などでの基礎研究の範囲  
 応用・開発：技術開発（プロトタイプの開発含む）の範囲

(註2) 現状  
 ※わが国の現状を基準にした評価ではなく、CRDSの調査・見解による評価  
 ◎ 特に顕著な活動・成果が見えている ○ 顕著な活動・成果が見えていない  
 △ 顕著な活動・成果が見えていない × 活動・成果がほとんど見えていない

(註3) トレンド  
 ↗：上昇傾向、→：現状維持、↘：下降傾向

## 俯瞰ワークショップ ナノテクノロジー・材料分野 区部別分科会

- 「光技術の俯瞰 – 光技術の注目動向と日本の技術力強化の方向性 –」  
2019年12月23日開催  
WS報告書 (<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2019/WR/CRDS-FY2019-WR-06.pdf>)
- 「ナノテク・材料研究が実現する新興感染症対策能力の持続的強化～ポストコロナ時代を見据えて～」  
2020年7月12日, 18日開催  
WS報告書 (<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/WR/CRDS-FY2020-WR-05.pdf>)
- 「プロセスインフォマティクスの俯瞰 ～材料合成プロセスへのデータ科学適用の現状と展望～」  
2020年2月11日、7月29日開催  
WS報告書 (<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/WR/CRDS-FY2020-WR-06.pdf>)

## 俯瞰ワークショップ ナノテクノロジー・材料分野 全体会議

- 「ポストコロナ時代における研究開発・人材育成手法の変革と注目すべき技術領域」  
2020年10月3日、7日開催  
WS報告書 (公開準備中)

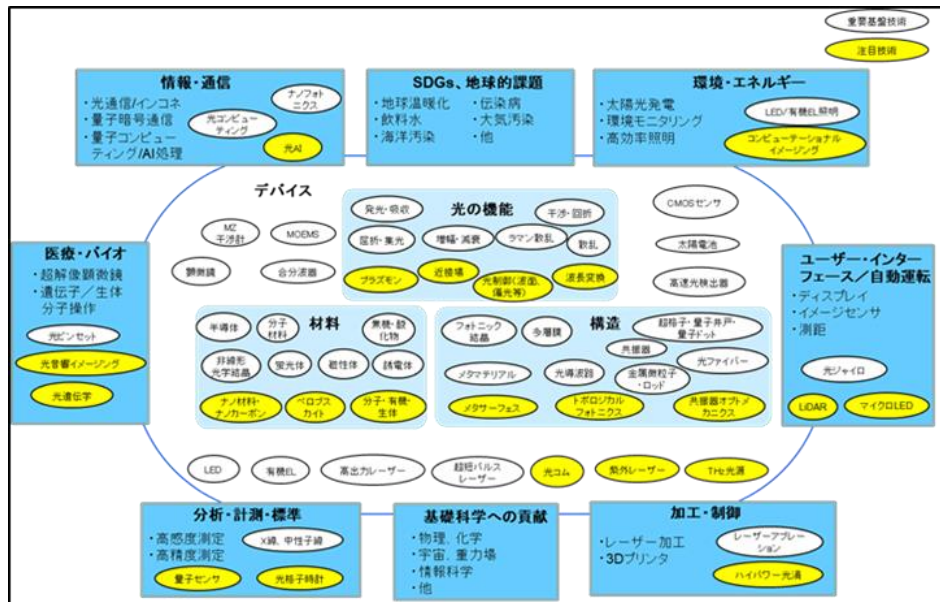
# 俯瞰ワークショップ

俯瞰ワークショップ ナノテクノロジー・材料分野 区分別分科会  
 「光技術の俯瞰 — 光技術の注目動向と日本の技術力強化の方向性 —」

開催:2019/12/23、報告書:CRDS-FY2019-WR06

- ✓ 光技術に関する先端動向や社会ニーズなどを俯瞰し、日本として産業的な優位性を持つために集中的に強化すべき技術領域の特定、その強化方法・体制などについて議論。

光技術の俯瞰図

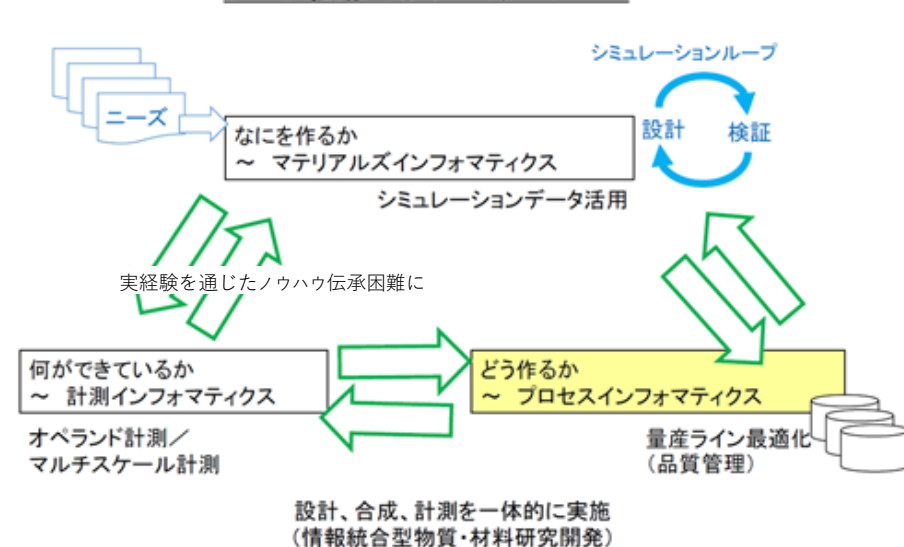


俯瞰ワークショップ ナノテクノロジー・材料分野 区分別分科会  
 「プロセスインフォマティクスの俯瞰 ~ 材料合成プロセスへのデータ科学適用の現状と展望 ~」

開催:2020/2/11,2020/7/29 7, WS報告書:CRDS-FY2020-WR-06.pdf

- ✓ 無機・結晶系材料と触媒・有機材料の2回に分けたミニWSを実施。
- ✓ それぞれの分野の技術動向、課題、将来展望について議論。

データ駆動型ものづくりスキーム





# 俯瞰ワークショップ

俯瞰ワークショップ ナノテクノロジー・材料分野 区分別分科会

「ナノテク・材料研究が実現する新興感染症対策能力の持続的強化～ポストコロナ時代を見据えて～」

開催:2020/7/12, 18、報告書:CRDS-FY2020-WR05

- ✓ ナノテクノロジー・材料分野が、新興感染症対策能力の持続的強化に、いかに貢献し得るかを議論。
- ✓ 検出・診断デバイスや感染症予防、抗ウイルス技術等の開発課題とともに、研究リソースなどの推進課題も明らかにした

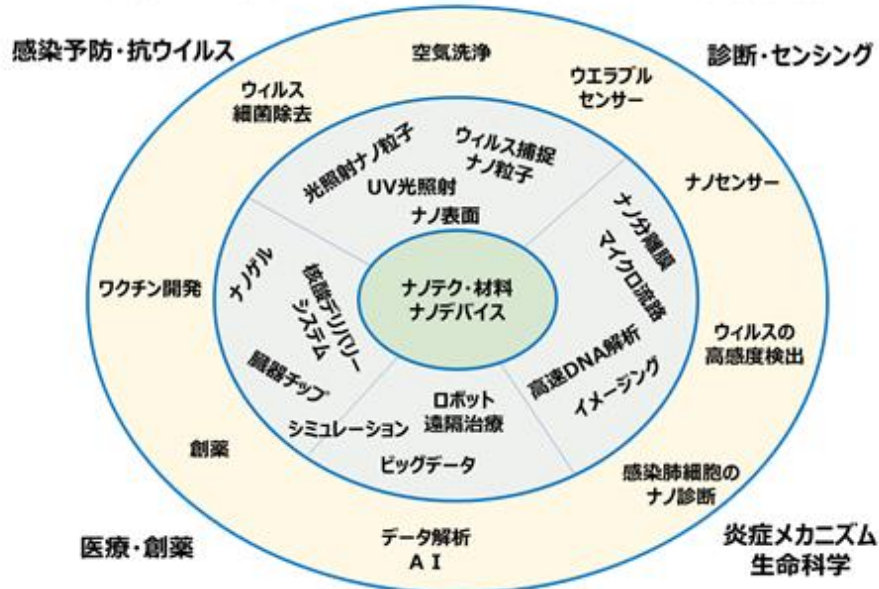
俯瞰ワークショップ ナノテクノロジー・材料分野 全体会議

「ポストコロナ時代における研究開発・人材育成手法の変革と注目すべき技術領域」

開催:2020/10/3, 7、WS報告書発行準備中

- ✓ COVID-19により変容する社会にナノテクノロジー・材料分野がどのように貢献し得るかを議論。
- ✓ 研究環境、人材育成、必要となる技術分野などを検討した。

## 感染症対策能力強化に貢献するナノテク・材料技術



## ポストコロナで求められるナノテク・材料研究

研究環境、教育現場のデジタル化（DX）を加速させる必要。DXを支える材料・デバイス技術へ大きな期待。

コロナ禍で生じた課題や状況認識

今後の方向性

研究環境

- ・大学・研究機関の閉鎖
- ・実験室・共用施設の稼働率の低下
- ・世界的にラボのDXの動きが加速

人材育成

- ・実経験を通じたノウハウ伝承困難に
- ・学生の生活環境・精神面の乱れ
- ・オンライン講義への対応

研究領域

- ・CPSインターフェースの重要性
- ・省電力化、持続可能性の追求
- ・DXと研究テーマのコモディティ化

生産性低下

- ・実験室・共用施設の遠隔化・自動化
- ・DXと研究データのマネジメントルールの整備
- ・スマートデバイス等によるノウハウ伝承
- ・オンラインを含めた教育ツール・運営方法
- ・若手の人材交流を促す場の創成
- ・通信・計算ニーズに応える半導体・デバイス技術
- ・SDGsへの貢献（食・環境）
- ・ナノテク・材料研究のDX化

# ナノテク・材料に関する戦略プロポーザル

## 戦略プロポーザル (2021.3発行)

物質循環を目指した複合構造の生成・分解制御～サステイナブル元素戦略～

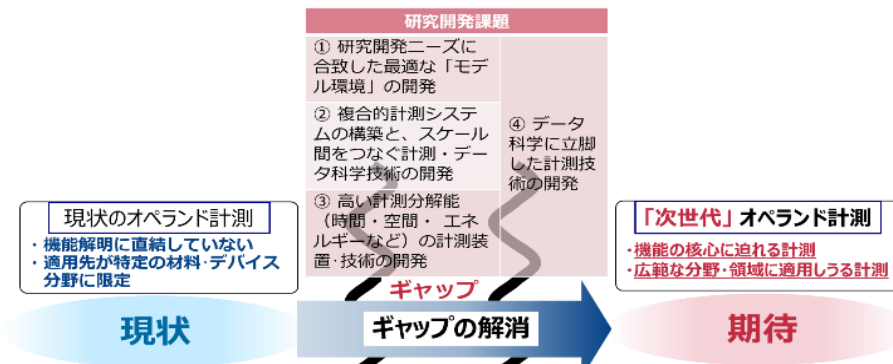
- ◆ 複数の物質相を組み合わせる複合構造の生成・分解を通じて、物質相間結合の安定性と分解性の自在制御を可能にする。
- ◆ 単一の物質相では実現できない材料の高機能化・多機能化を可能にすると共に、物質相間の分解制御性を通して廃棄物処理問題の解消や環境負荷の低減、資源供給リスク低減を目指す。



## 戦略プロポーザル (2021.4発行)

機能解明を目指すオペランド計測の革新～次世代オペランド計測～

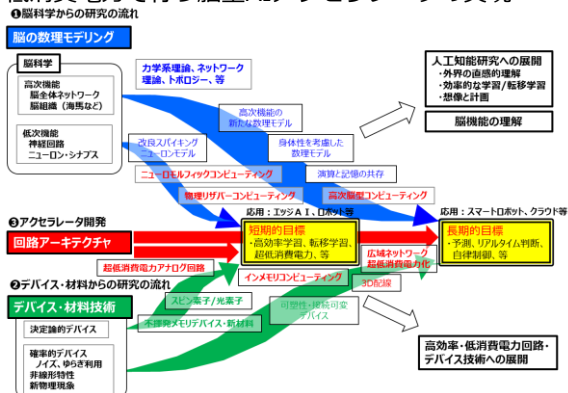
- ◆ 対象の動的機能解明の実現するために、オペランド計測が注目を集めているが、現状は材料・デバイスの機能解明に直接的に迫る情報を提供できておらず、さらには適用対象が限定的である。



## 戦略プロポーザル (2021.3発行)

脳型AIアクセラレータ ～柔軟な高度情報処理と超低消費電力化の両立～

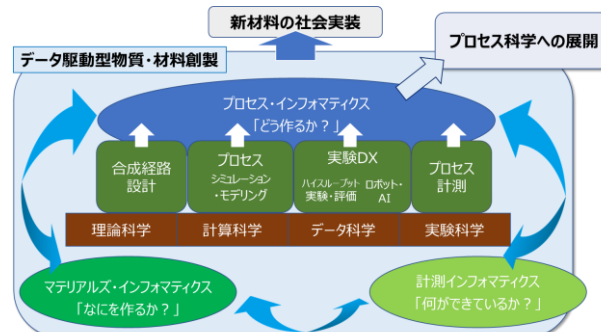
- ◆ 脳の構造・機能の模倣により、次世代人工知能技術に求められる柔軟で高度な情報処理を人間の脳のエネルギー効率（数十W程度）に迫る桁違いの低消費電力で行う脳型AIアクセラレータの実現



## 戦略プロポーザル (2021.6発行予定)

材料創製技術を革新するプロセス科学基盤～プロセス・インフォーマティクス～

- ◆ 材料への高度な要求に応えるために、目的材料の合成プロセスを効率的に探索するプロセス・インフォーマティクスが必要になってくる。合成経路設計、シミュレーション・モデリング、実験DX、データ科学などの活用で実現可能に。
- ◆ 重要課題として「個別プロセスのインフォーマティクス活用研究」、「プロセス・インフォーマティクスの共通基盤構築」「プロセス科学基盤拡充」に取り組む。

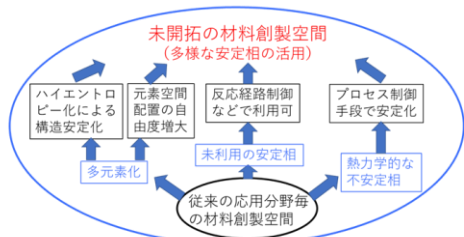


# ナノテク・材料に関する戦略プロポーザル

## 戦略プロポーザル（2019.7発行）

### 未来材料開拓イニシアチブ ～多様な安定相のエンジニアリング～

- ◆ 材料探索空間を未開拓領域まで拡大し、高度化した要求（高性能・高機能、複数機能の共存、相反機能の両立など）に応える未来材料の創製
- ◆ 材料の多元素化・ハイエントロピー化、準安定相を含む多種多様な安定相の利用、プロセス制御にとる熱力学的不安定構造の安定化などの新しい材料創製手法を駆使し、新材料設計・プロセス設計指針および学理の構築を目指す



## 戦略プロポーザル（2020.2発行）

### 量子2.0 ～量子科学技術が切り拓く新たな地平～

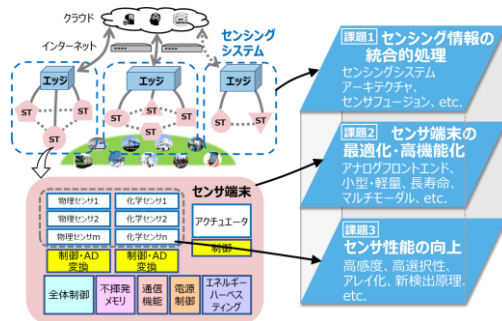
- ◆ これまで技術的に困難であった量子コヒーレンス、量子もつれなど量子現象の制御と利活用が可能になることを「量子2.0」と定義
- ◆ 4つの主要領域（量子コンピューティング・シミュレーション、量子計測・センシング、量子通信・暗号、量子マテリアル）とそれらを進化・発展させる共通量子基盤技術領域を設定
- ◆ 社会・経済的課題の解決や国家安全保障の確保、産業競争力の強化、新たなコミュニティ・研究者ネットワーク形成へ向けた取組を提案



## 戦略プロポーザル（2020.3発行）

### センサ融合基盤技術の構築 ～センシング情報の高付加価値化に向けた多様なデータの取得と統合的処理～

- ◆ センシング情報の高付加価値化に向けて、多様なセンシングデータの取得とその統合的処理を可能とするセンサ融合基盤技術の構築を目指す



# 6つの社会ニーズと13のグランドチャレンジ(挑戦課題)

以下の観点から、13のグランドチャレンジを選定

- ・ 社会の変化がもたらす新たな科学技術への要請
- ・ 科学技術の新たな潮流出現に伴う戦略的投資の必要性
- ・ 日本の産業競争力と安全保障の観点で重要な技術の確保

## 安全安心で豊かなデジタル社会

### コンピュータ革新を支えるIoT/AI/量子デバイス

超低消費電力デバイス、エッジコンピューティング、小型高感度センサ（光・物理/化学・バイオセンサ）、量子コンピュータ、量子通信、超高感度量子センサ等、超高速通信用安全な光通信デバイス

### 安全低環境負荷の輸送と低消費電力・大容量の通信

高強度軽量複合材料、排ガス浄化触媒材料、超小型パワーデバイス、蓄電池/燃料電池、高出力耐高温モータ、高精細ジャイロセンサ、超高速CPU、ミリ波・テラヘルツ発振デバイス、Si フォトニクス、ミリ波・光領域での誘電率・磁性率制御材料、アンテナ技術、メタマテリアル、光通信デバイス、環境知能デバイス

## 健康で幸せな生活が可能な社会

### 健康・医療・生産システムを支えるバイオ技術

高選択性・分子認識能材料/デバイス、脳機能センシングとAI解析、ヒト体内動態モデリング、細胞・組織制御材料、遠隔医療・診断を可能にするセンサネットワーク、空気中ウイルス検出

### 人と共生するロボット

自律的行動を可能にするセンシング機能、認識・判断・予知機能（3D画像センサ・軽量ジャイロ・匂い/炎/騒音センサ、高性能CPU・5G通信・AI）、五感センサ、柔軟軽アクチュエータ、大変位高出力人工筋肉、レオロジカル材料、筐体（ソフトロボット）

## 低環境負荷で持続可能な社会

### 水・大気・資源の循環を可能にするスマート材料

汚染水/塩水分離・吸着膜材料、ガス分離・吸蔵材料、鉱物資源分離、（環境汚染物質除去、希少物質回収）、水素循環基盤材料、社会インフラ材料

### 省/創/蓄エネのための先端材料・デバイス

高性能蓄電池、燃料電池、太陽電池、高Tc超伝導材料、高ZT熱電材料、グリーン水素・燃料（人工光合成、水電解）、熱エネルギー制御材料（断熱、耐熱、蓄熱、冷熱、...）

## 共通基盤技術

量子状態の高度制御

ポスト5Gデバイス・材料基盤

IoTデバイス集積

ナノ工学制御によるスマート材料

ヘルスケアIoT

バイオインスパイアード材料・システム

バイオアダプティブ材料

脳型AI・スマートロボット

サステナブル元素戦略

カーボンニュートラル基盤

多機能・複雑系の材料設計

プロセス設計基盤

次世代オペランド計測

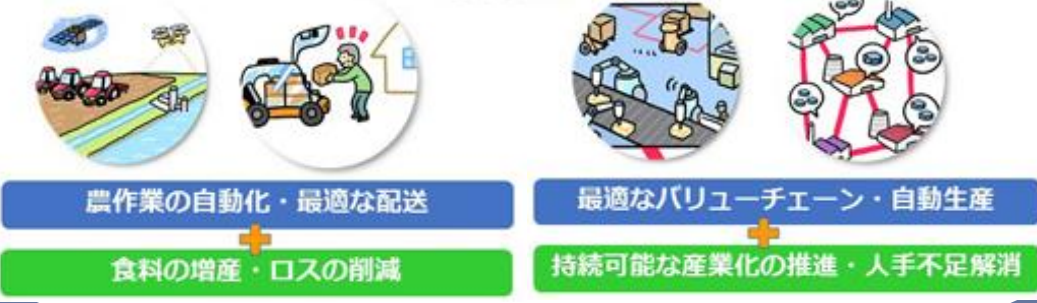
# 付録



# Society 5.0実現の基盤となるナノテクノロジー・材料技術



## Society 5.0



人と共生する  
**ロボット**

省/創/蓄エネのための  
**先端材料・デバイス**

**健康・医療・生産  
システム**  
を支えるバイオ技術

コンピュータ革新を支える  
**IoT/AI/  
量子デバイス**

水・大気・資源循環を可能にする  
**スマート材料**

安心低環境負荷の**輸送**と  
低消費電力大容量の**通信**

環境負荷	安全性	信頼性	省エネ・省資源プロセス	リサイクル	資源保全	低コスト	
<b>環境・エネルギー技術</b> 次世代太陽電池材料 蓄電デバイス 燃料電池 パワー半導体材料・デバイス エネルギーキャリア 分離技術 エネルギーハーベスト バイオマス		<b>ライフ・ヘルスケア技術</b> バイオ材料 再生医療材料 バイオプリンティング ナノ医療システム セラノスティクス ドラッグデリバリー バイオ計測・診断デバイス バイオイメージング		<b>ICT・エレクトロニクス</b> 新機能ナノエレクトロニクスデバイス AIコンピューティングデバイス MEMS・センシングデバイス ロボット基盤技術 スピントロニクス 量子情報・通信 量子計測・センシング 集積フォトニクス 無線デバイス		<b>社会インフラ</b> 構造材料（金属、複合材料） マルチマテリアル化技術 軽量・高強度材料 劣化・腐食・破壊診断技術 非破壊検査技術 自己修復材料 極限環境材料 耐熱材料	

© 2021 CRDC  
図：内閣府資料より一部を引用

# 世界に大きな恩恵をもたらした日本の材料研究

## 磁石

本多光太郎（世界初合成磁石@1917）  
佐川真人（世界最強の永久磁石@1984）  
→モーター、電気自動車、風力発電、HDD

## 炭素繊維強化複合材料

進藤昭男（PAN系炭素繊維@1961）  
→航空機・自動車用CFRP

## 光触媒

本多健一、藤嶋昭（TiO<sub>2</sub>光触媒@1968）  
橋本和仁（@1994）  
→光触媒コーティング、環境浄化

## 触媒（有機合成）

根岸英一、鈴木章（カスカップリング@1970年代）  
野依良治（不斉合成反応@1986）  
→創薬、農薬、香料、アミノ酸

## リチウムイオン電池

吉野彰（炭素負極@1985）  
→モバイル機器、電動車、大規模蓄電

## カーボンナノチューブ

飯島澄男（カーボンナノチューブ発見@1991）  
遠藤守信（CVDによる大量合成@1988）  
→Liイオン電池材料、タッチパネル

## スピントロニクス

岩崎俊一（垂直磁気記録方式@1977）  
宮崎照宣（TMR素子室温動作@1995）  
湯浅新治（MgOバリアで巨大MR@2004）  
→超高密度磁気ストレージ、MRAM

## 青色LED, LD

赤崎勇、天野浩（GaN単結晶、p型@1989）  
中村修二（高輝度青色LED、LD@1993）  
→LED照明、ディスプレイのバックライト、信号機

## 酸化物材料

細野秀雄（IGZO材料、TFT動作@2004）  
→透明電極、LCD・OLEDディスプレイ駆動TFT

その他にも、超伝導（前田弘 Bi系@1998、秋光純 MgB<sub>2</sub> @2000、細野秀雄 Fe系 @2008）  
Erドープ光ファイバー増幅器（中沢正隆）@1989等  
ノーベル物理学賞受賞者11名、化学賞受賞者8名

# 米 バイデン新政権の取り組み：重要技術の確保



## ◆ 科学技術政策上の優先課題（バイデン大統領が戦略策定を指示）

1. 公衆衛生/新興感染症、
2. 気候変動、
3. 先端技術（中国との競争）、
4. 成果の社会還元、
5. S&Tエコシステム

## ◆ 米国のサプライチェーンに関する大統領令（2021年2月24日）

1) 重要4品目のサプライチェーンリスクと対処方法、2) 6つの産業分野、について報告書を提出するよう担当省に指示

### 重要4品目（100日以内に報告書作成）

半導体製造および先進パッケージング
電気自動車用を含む大容量電池
レアアースを含む希少鉱物 (critical minerals)
医薬品および医薬品有効成分

### 6つの産業分野（1年以内に報告書作成）

国防	エネルギー
公衆衛生および生物学的危機管理	運輸
情報通信技術（ICT）	農産物・食料生産

## ◆ 国家安全保障戦略暫定指針（2021年3月3日）

（科学技術関連の主な記述）

- **研究開発、コンピューティング、最先端製造などの科学技術投資を倍増**し、経済、健康、バイオテクノロジー、エネルギー、気候、国家安全保障等の国家戦略目標を追求する
- **STEM（科学、技術、工学、数学）教育**に投資して科学技術労働力を拡大するとともに、**世界の優秀な人材**が米国で学習・就労する移民政策を推進
- ユニバーサルで手頃な価格の高速インターネットアクセスや安全な5Gネットワークなど、**21世紀のデジタルインフラを構築**する
- 人類の利益のために**宇宙空間を探索・利用**し、宇宙空間活動の安全性、安定性、セキュリティを確保する
- セキュリティ、経済競争力、および価値を高めるために、**新たな技術標準を策定**する
- 民主的な**同盟国やパートナーと連携**し、集合的な競争優位性を拡大する
- 科学技術の基盤を強化するにあたり、**サイバーセキュリティを最優先事項**とする



# Horizon Europeの構成と予算

- 予算総額は2021年～2027年の7年間で955億ユーロ（現行価格）\*。このうち54億ユーロは復興基金からのもの
- これまで実施されていたHorizon 2020（2014年～2020年）の予算748億ユーロと比べ、3割程度増
- 3本柱と「参加拡大と欧州研究圏（ERA）強化」で構成。各プログラムの予算内訳は以下表のようになる見込み
- 全体予算の35%（約334億ユーロ）を気候変動対策に充てる
- 第二の柱の一環として、社会課題の解決を目指す5つのミッションを設定（「気候変動」、「がん」、「食料・土壌」など）
- Horizon Europeを補完するプログラムとして、防衛研究・プロトタイプ開発を目的とした「欧州防衛基金」に79.5億ユーロ/7年（現行価格）、原子力研究・トレーニングを目的とした「Euratom」に19.8億ユーロ/7年（同）がそれぞれ措置されている

【Horizon Europeの各柱のプログラムと予算内訳】

単位：ユーロ

第一の柱（最先端研究支援） 「卓越した科学」	250億	第二の柱（社会的課題の解決） 「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」	535億	第三の柱（市場創出の支援） 「イノベティブ・ヨーロッパ」	136億
欧州研究会議(ERC)	160億	6つの社会的課題群（クラスター） ・健康 ・文化、創造性、包摂的な社会 ・社会のための市民安全	515億 (82億) (23億) (16億)	欧州イノベーション会議(EIC)	101億
マリー・スクウォドフスカ・キュリー・アクション	66億	・デジタル、産業、宇宙 ・気候、エネルギー、モビリティ ・食料、生物経済、資源、農業、環境	(153億) (151億) (90億)	欧州イノベーション・エコシステム	5億
研究インフラ	24億	共同研究センター(JRC)	20億	欧州イノベーション・技術機構(EIT)	30億
参加拡大と欧州研究圏（ERA）強化					34億
参加拡大とエクセレンス普及		30億	欧州研究・イノベーション(R&I)システムの改革・強化		4億
<b>合計</b>					<b>955億</b>

\*現行価格(Current Price)とは物価上昇の影響を考慮した価格を指す。これを、HEの当初提案が行われた2018年の価格に換算すると849億ユーロとなる



# 中国の動き



## (1) 中国製造2025「Made in China 2025」(国務院 2015年5月)

《戦略目標》：2049年(建国100周年)までに世界の製造強国のリーダーへ

ステップ1で2025年までに製造強国の仲間入り、ステップ2で2035年までに製造強国の中位クラスへ

- ① 製造業イノベーション能力の向上(「製造業イノベーションセンター建設計画」2025年までに40カ所程度)
- ② 情報と産業のさらなる融合(「インテリジェント製造計画」2025年までに製品の生産サイクルを50%短縮等)
- ③ 産業の基礎能力強化(2025年までに、**核心的部材とそのカギとなる基礎材料の70%の自給**を実現)

\* 非公式の「グリーンブック」に、2025年**半導体世界シェア56%**等の目標ありとの報道(Bloomberg News)

参考 1元=約16円

## (2) AI2030「次世代人工知能発展計画」(国務院 2017年7月)

《戦略目標》：2030年までに「AIの理論・技術・応用全てで世界一」「世界の“AI革新センター”になる」

- 国内AI産業規模を2020年に1兆元(約16兆円)、2025年に5兆元(約80兆円)  
2030年に10兆元(160兆円)が目標

- **国家次世代AIプラットフォームに5企業**を認定

官民共同研究:

⇒テンセント(画像認識)、アリババ(クラウド)、バイドゥ(自動運転)、  
アイフライテック(スマート音声)、センスタイム(AI画像処理)

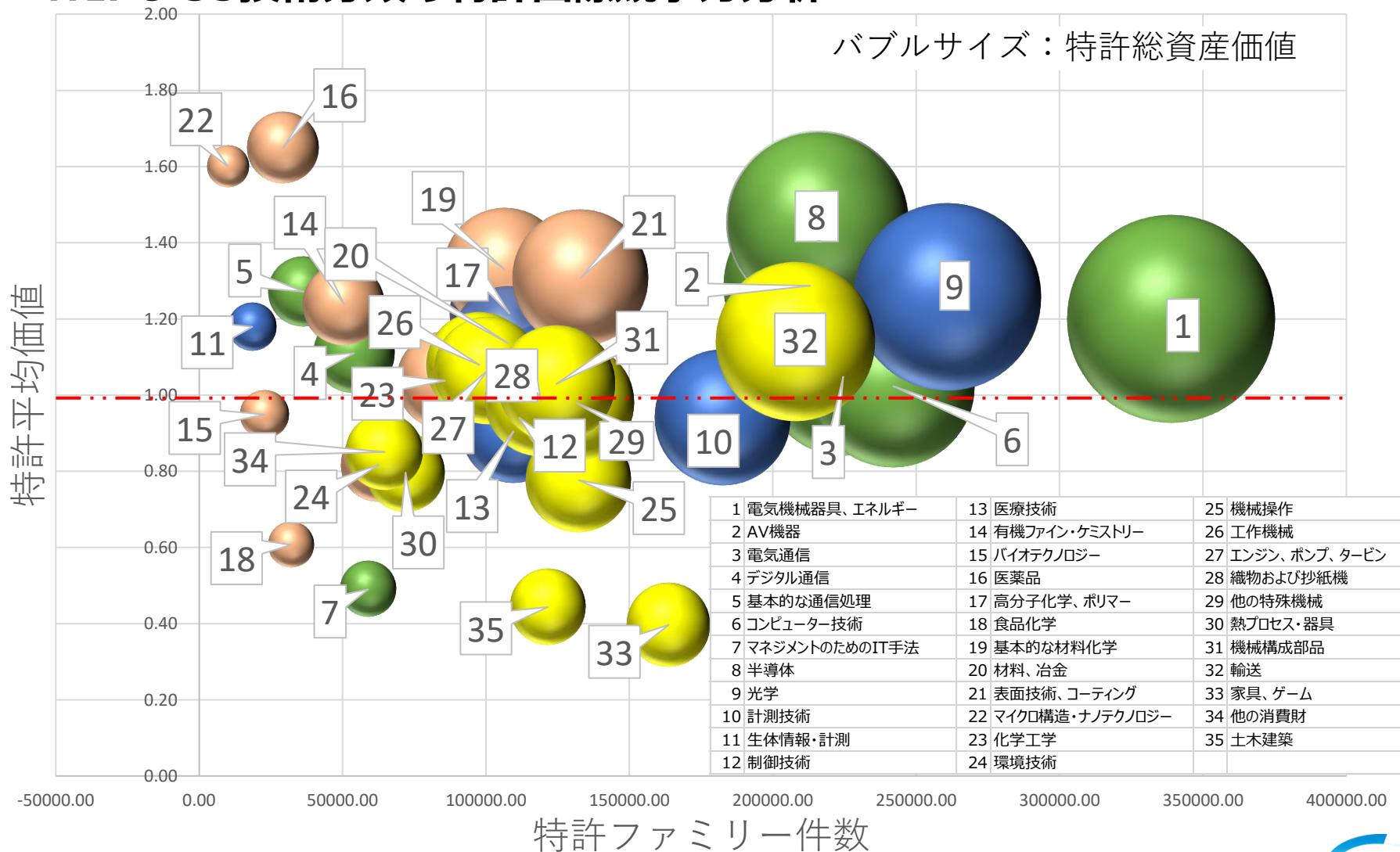
## (3) 量子科学技術

- 「国家中長期科学技術発展計画綱要2006-2020」(国務院)の重大科学研究の一項目として「量子制御」を指定
- 「科学技術イノベーション第13次5ヶ年計画(2016-2020)」(国務院)で「量子通信・量子コンピュータ」を重点指定
- 中国科学院とアリババが「量子計算実験室」を設立
- **世界初の量子科学実験衛星「墨子号」で1200kmの量子暗号通信実験に成功**(2017)
- **2000kmの量子通信ネットワーク「京滬幹線」(北京⇄上海)構築**(2017)
- 「量子情報科学国家実験室」(合肥市) **2020年完成。**
- **総工費760億元\***(約1兆2160億円) ※リファレンスにより建設費用に差がある

# 特許分析

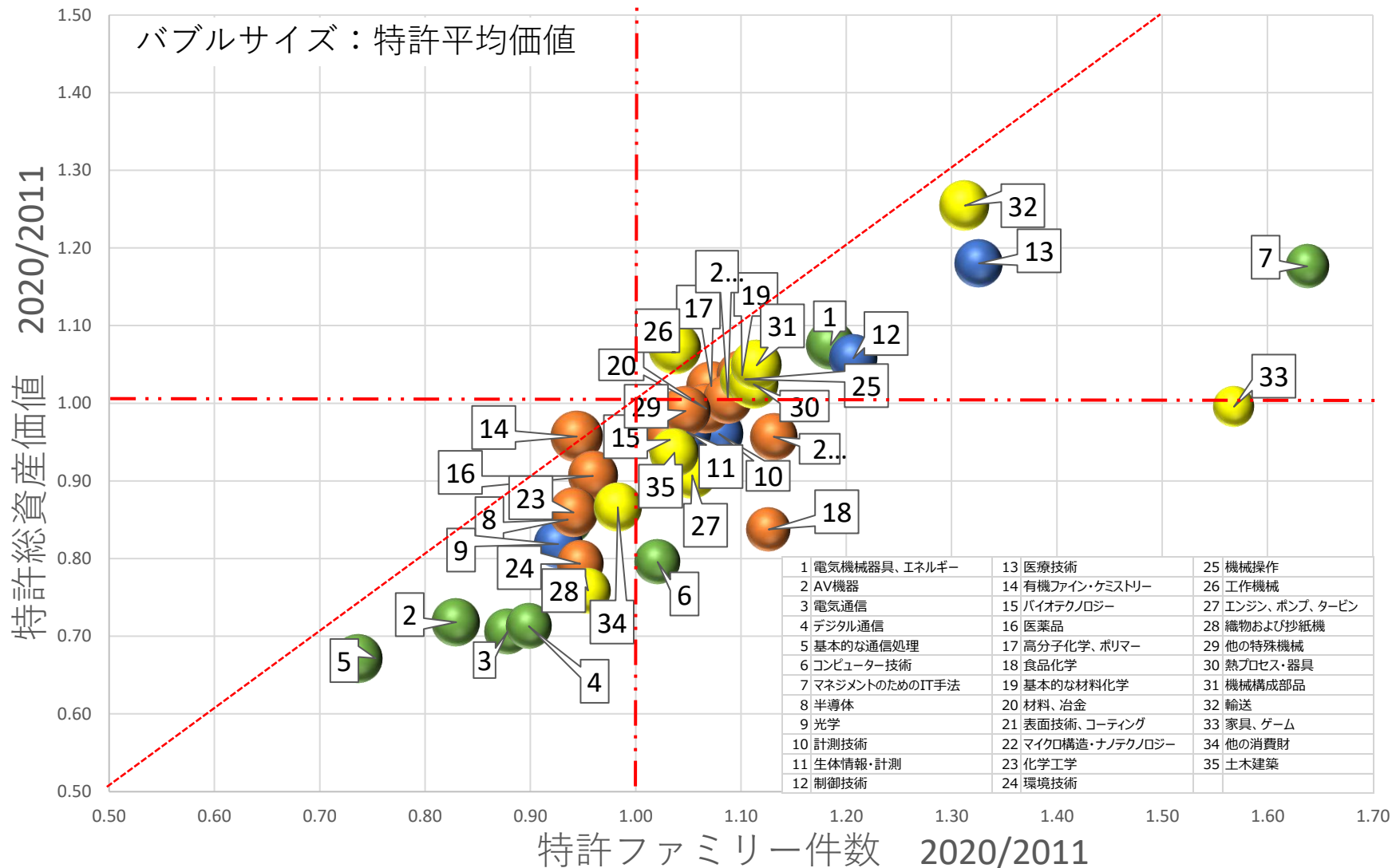
## WIPO 35技術分類の特許国際競争力分析

多くの分野で特許の強みは維持されている。

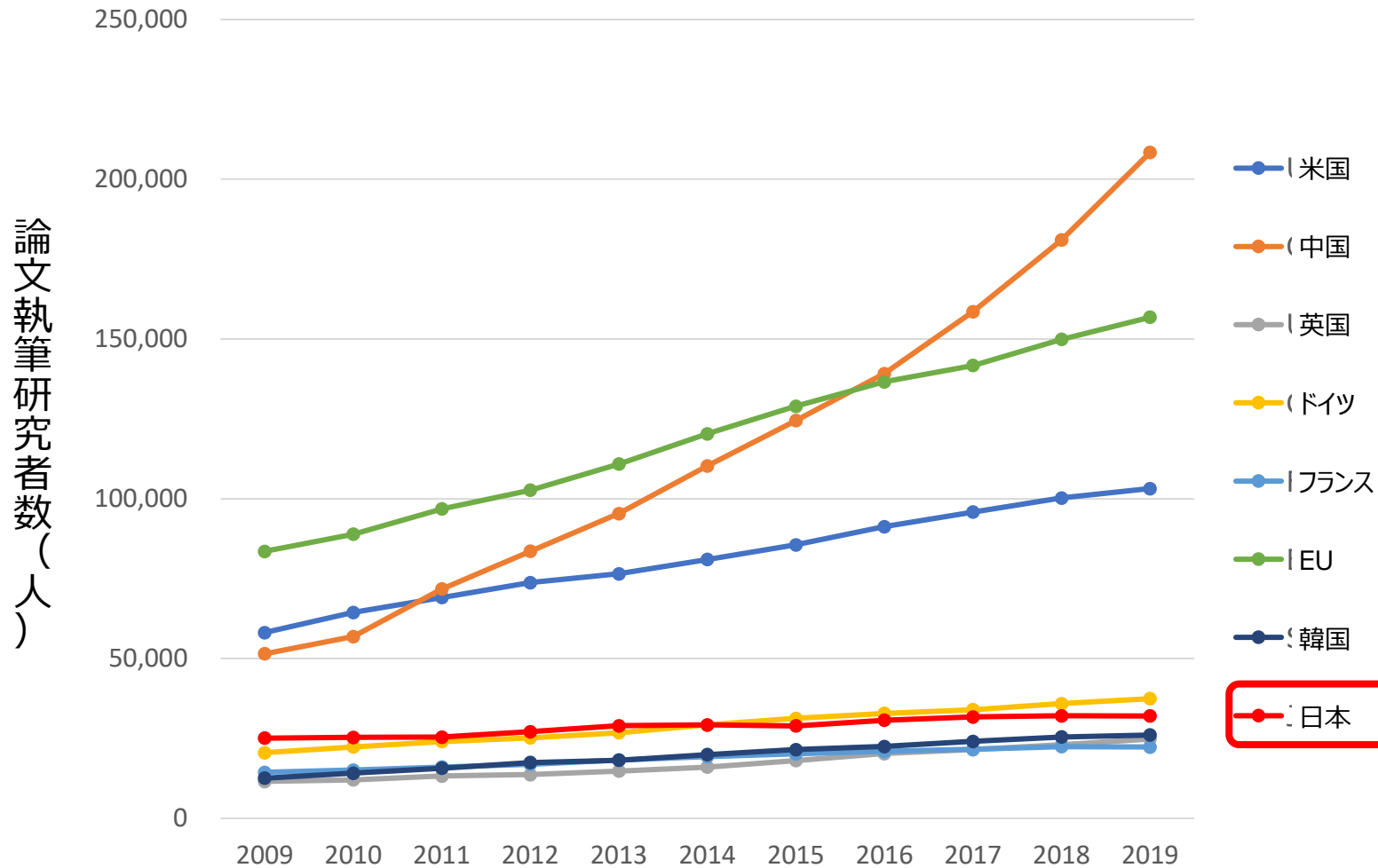




# WIPO 35技術分類の特許国際競争力の推移 (2020/2011比)



# 研究者コミュニティ（論文執筆者動向）



出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工  
 （論文執筆者数は研究者ID単位による整数カウント）

# 日本の大型研究開発プロジェクト (総合科学技術・イノベーション会議)

※ナノテク・材料関係を抜粋

## 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期

2018-22年度

フィジカル空間デジタルデータ処理基盤	PD : 佐相 秀幸 (富士通)
統合型材料開発システムによるマテリアル革命	PD : 三島 良直 (AMED)
光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術	PD : 西田 直人 (東芝)

## ムーンショット型研究開発制度

2020年度-

ムーンショット目標 4 2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現	PD : 山地 憲治 (RITE)
ムーンショット目標 6 2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現	PD : 北川 勝浩 (阪大)

# 日本の主な研究拠点型プロジェクト（文部科学省）

※ナノテク・材料関係を抜粋

世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI） 2007年度-	
化学反応創成研究拠点（ICReDD） 2018年度-	前田 理（北大）
ナノ生命科学研究所（NanoLSI） 2017年度-	福間 剛士（金沢大）
トランスフォーマティブ生命分子研究所（ITbM） 2012年度-	伊丹 健一郎（名大）
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（I2CNER） 2010年度-	ペトロス ソフロニス（九大）
カブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU） 2007年度-	大栗 博司（東大）

WPIアカデミー 2007年度-	
材料科学高等研究所（AIMR）	折茂 慎一（東北大）
物質-細胞統合システム拠点（iCeMS）	北川 進（京都大）
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（MANA）	佐々木 高義（NIMS）
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（I2CNER）	ペトロス ソフロニス（九大）

革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM） 2013-21年度	
さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する理想自己と家族の絆が導くモチベーション向上社会創生拠点	東北大学、NECソリューションイノベータ
自分で守る健康社会拠点	東京大学
スマートライフケア社会への変革を先導するものづくりオープンイノベーション拠点	川崎市産業振興財団
活力ある生涯のためのLast 5Xイノベーション拠点	京都大学、パナソニック
「サイレントボイスとの共感」地球インクルーシブセンシング研究拠点	東京工業大学、ソニー
人間力活性化によるスーパー日本人の育成拠点	大阪大学、パナソニック
コヒーレントフォトン技術によるイノベーション拠点	東京大学
革新材料による次世代インフラシステムの構築拠点	金沢工業大学、大和ハウス工業
世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点	信州大学、日立製作所
持続的共進化地域創成拠点	九州大学、NTT西日本

# 日本の関連主要プログラム・プロジェクト

## 文部科学省

- データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト 2021年度新規
- マテリアル先端リサーチインフラ 2021年度新規
- 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 2021年度新規
- 材料の社会実装に向けたプロセスサイエンス構築事業 (Materealize-PJ)
- 革新的材料開発力強化プログラム (M-cube)
- 光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)
- 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>
- ナノテクノロジープラットフォーム

## 経済産業省・NEDO

- マテリアル革新技術先導研究プログラム 2021年度新規
- 電気自動車用革新型蓄電池技術開発 2021年度新規
- 省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業 2021年度新規
- カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
- 太陽光発電の導入可能量拡大等に向けた技術開発事業
- 水素社会実現に向けた革新的燃料電池技術等の活用のための研究開発事業
- IoT社会実現のための革新的センシング技術開発
- 高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業
- 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト
- 革新的新構造材料等技術開発
- 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発

# 近年のJST戦略的創造研究推進事業（CREST）



※ナノテク・材料関係を抜粋

2014	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出 研究総括：黒部 篤（東芝）													
統合1細胞解析のための革新的技術基盤 研究総括：菅野 純夫（東京大学）													
多様な天然炭素資源の活用に資する革新的触媒と創出技術 研究総括：上田 渉（神奈川大学）													
新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクス基盤技術 研究総括：北山 研一（光産業創成大学院大学）													
微小エレクトロニクスを利用した革新的な環境発電技術の創出 研究総括：谷口 研二（大阪大学）													
量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出 研究総括：荒川 泰彦（東京大学）													
計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用 研究総括：雨宮 慶幸（東京大学）													
ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出 研究総括：丸山 茂夫（東京大学）													
実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新 研究総括：細野 秀雄（東京工業大学）													
新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出 研究総括：柳 日馨（大阪府立大学／台湾国際交通大学）													
トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出 研究総括：上田 正仁（東京大学）													
革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明 研究総括：伊藤 耕三（東京大学）													
独創的原理に基づく革新的光学技術の創成 研究総括：河田 聡（大阪大学）													
原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能 研究総括：君塚 信夫（九州大学）													
情報担体を活用した集積デバイス・システム 研究総括：平本 俊郎（東京大学）													
未踏探索空間における革新的物質の開発 研究総括：北川 宏（京都大学）													
分解・劣化・安定化の精密材料科学 研究総括：高原 淳（九州大学）													



# 近年のJST戦略的創造研究推進事業（ERATO）



※ナノテク・材料関係を抜粋

2014	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>百生量子ビーム位相イメージング</b> 研究総括： 百生 敦（東北大学）						※特別重点 期間					
<b>齊藤スピン量子整流</b> 研究総括： 齊藤 英治（東京大学）						※特別重点 期間					
<b>山元アトムハイブリッド</b> 研究総括： 山元 公寿（東京工業大学）											
<b>中村巨視的量子機械</b> 研究総括： 中村 泰信（東京大学）											
<b>沼田オルガネラ反応クラスター</b> 研究総括： 沼田 圭司（京都大学）											
<b>浜地ニューロ分子技術</b> 研究総括： 浜地 格（京都大学）											
<b>前田化学反応創成知能</b> 研究総括： 前田 理（北海道大学）											
<b>山内物質空間テクトニクス</b> 研究総括： 山内 悠輔（クイーンズランド大学）											

# JST未来社会創造事業 (MIRAI) ※ナノテク・材料関係を抜粋



探索加速型	重点公募テーマ
<p>「次世代情報社会の実現」領域 運営統括：前田 英作（東京電気大学）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Human centric デジタルツイン構築による新サービスの創出（2021年度-） <b>新規</b></li> </ul>
<p>「顕在化する社会課題の解決」領域 運営統括：高橋 桂子（早稲田大学）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>持続可能な環境・自然資本を実現し活用する新たな循環社会システムの構築（2021年度-） <b>新規</b></li> </ul>
<p>「個人に最適化された社会の実現」領域 運営統括：和賀 巖（NECソリューションイノベータ）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>場面や状況により変化するひとの幸福な状態を再現性高く計測・評価する技術に基づく新サービスの創出（2021年度-） <b>新規</b></li> </ul>
<p>「超スマート社会の実現」領域 運営統括：前田 章（元日立製作所）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サイバー世界とフィジカル世界を結ぶモデリングとAI（2018年度-）</li> <li>サイバーとフィジカルの高度な融合に向けたAI技術の革新（2019年度-）</li> <li>異分野共創型のAI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築（2020年度-）</li> </ul>
<p>「持続可能な社会の実現」領域 運営統括：國枝 秀世（JST/名古屋大学）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新たな資源循環サイクルを可能とするものづくりプロセスの革新（2017年度-）</li> <li>将来の環境変化に対応する革新的な食料生産技術の創出（2018年度-）</li> <li>モノの寿命の解明と延伸による使い続けられるものづくり（2019年度-）</li> </ul>
<p>「世界一の安全・安心社会の実現」領域 運営統括：田中 健一（三菱電機）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒューメインなサービスインダストリーの創出（2017年度-）</li> <li>生活環境に潜む微量な危険物から解放された安全・安心・快適なまちの実現（2018年度-）</li> </ul>
<p>「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域 運営統括：橋本 和仁（NIMS）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現（2017年度-）</li> </ul>
<p>「共通基盤」領域 運営統括：長我部 信行（日立製作所）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現（2018年度-）</li> </ul>
大規模プロジェクト型	技術テーマ
<p>運営統括：大石 善啓（三菱総研）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>粒子加速器の革新的な小型化及び高エネルギー化につながるレーザープラズマ加速技術（2017年度-）</li> <li>エネルギー損失の革新的な低減化につながる高温超電導線材接合技術（2017年度-）</li> <li>自己位置推定機器の革新的な高精度化及び小型化につながる量子慣性センサー技術（2017年度-）</li> <li>通信・タイムビジネスの市場獲得等につながる超高精度時間計測（2018年度-）</li> <li>Society5.0の実現をもたらす革新的接着技術の開発（2018年度-）</li> <li>未来社会に必要な革新的水素液化技術（2018年度-）</li> <li>センサ用独立電源として活用可能な革新的熱電変換技術（2019年度-）</li> <li>トリリオンセンサ時代の超高速情報処理を実現する革新的デバイス技術（2020年度-）</li> <li>安全・安心かつスマートな社会の実現につながる革新的マイクロ波計測技術（2021年度-） <b>新規</b></li> </ul>

# 近年のJST事業

※ナノテク・材料関係を抜粋

## 戦略的イノベーション創出推進プログラム (S-イノベ) 2009年度-

スピン流を用いた新機能デバイス実現に向けた技術開発	PO: 安藤 功兒 (産総研)
---------------------------	-----------------

## 産学共創基礎基盤研究プログラム 2010年度-

テラヘルツ波時代を切り拓く革新的基盤技術の創出	PO: 伊藤 弘昌 (東北大)
革新的構造用金属材料創製を目指したヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築	PO: 加藤 雅治 (新日鉄住金)
革新的次世代高性能磁石創製の指針構築	PO: 福永 博俊 (長崎大)

## ACCEL 2013年度-

スローライト構造体を利用した非機械式ハイレゾ光レーダーの開発	馬場 俊彦 (横国大)
スーパーバイオイメージャーの開発	染谷 隆夫 (東大)
半導体を基軸としたテラヘルツ光科学と応用展開	田中 耕一郎 (京大)

## 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) 革新技術領域 2013年度-

耐熱材料・鉄鋼リサイクル高性能材料	PO: 原田 幸明 (NIMS)
バイオテクノロジー	PO: 近藤 昭彦 (神戸大)

## 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA) 2016年度-

IT・輸送システム産学共創コンソーシアム	領域統括: 遠藤 哲朗 (東北大)
有機材料極限機能創出・社会システム化共創コンソーシアム	領域統括: 大場 好弘 (山形大)
埋込型・装着型デバイス共創コンソーシアム	領域統括: 齋藤 直人 (信州大)
量子アプリ共創コンソーシアム	領域統括: 中野 貴志 (阪大)
機能性バイオ共創コンソーシアム	領域統括: 三谷 啓志 (東大)
マルチモーダルセンシング共創コンソーシアム	領域統括: 澤田 和明 (豊橋技科大)
やわらかものづくり革命共創コンソーシアム	領域統括: 古川 英光 (山形大)
物質・エネルギーリノベーション共創コンソーシアム	領域統括: 北 英紀 (名大)
超スマートエネルギー社会基盤技術共創コンソーシアム	領域統括: 木下 恒暢 (京大)
全固体電池技術共創コンソーシアム	領域統括: 菅野 了次 (東工大)
酸化制御共創コンソーシアム	領域統括: 井上 豪 (阪大)

# JST新規事業（創発、共創の場）

※ナノテク・材料関係を抜粋

## 創発的研究支援事業 2020年度-

### 創発プログラムオフィサー（PO）

伊丹健一郎（名古屋大）	【専門分野】合成化学、分子ナノカーボン科学、触媒科学、生物活性分子
井村順一（東工大）	【専門分野】制御工学
川村光（豊田理研）	【専門分野】物性科学
北川宏（京大）	【専門分野】固体物性化学、低次元電子系物性、錯体化学、ナノ物質科学

## 共創の場形成支援プログラム 2020年度-

共創分野 【育成型】 ◆みやぎマテリアルセンター ◆有限鉱物資源の安全かつ革新的な高効率・再循環・超グリーン精製技術による循環型社会の実現 ◆資源を循環させる地域イノベーション・エコシステム研究拠点 ◆小規模循環型リビングイノベーション共創拠点 ◆FUTUREライフスタイル社会共創拠点 ◆フォトンクス生命工学研究開発拠点	PO: 久世 和資（旭化成）  PL: 佐藤 一志（仙台高専） PL: 中道 勝（QST）  PL: 菊池 康紀（東大） PL: 瀬戸山 亨（三菱ケミカル） PL: 長谷川 泰久（名古屋大） PL: 藤田 克昌（大阪大）
政策重点分野（量子技術分野） 【本格型】 ◆量子ソフトウェア研究拠点 ◆量子航法科学技術拠点	PO: 石内 秀美（元EIDEC）  PL: 北川 勝浩（大阪大） PL: 上妻 幹旺（東工大）
政策重点分野（環境エネルギー分野） 【本格型】 ◆先進蓄電池研究開発拠点	PO: 菅野 了次（東工大）  PL: 金村 聖志（NIMS）

# 科学研究費補助金 学術変革領域研究

※ナノテク・材料関係を抜粋

## 学術変革領域研究 (A)

新学術領域研究（研究提案型）の後継となる区分であり、学問分野に新たな変革や転換をもたらす、既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指す研究、または当該学問分野の強い先端的な部分の発展・飛躍的な展開を目指す研究を対象とする。  
（期間5年、単年度当たり5000万円以上3億円まで）

### 2020-2024年度

研究領域名	領域代表者名
動的エキシトンの学理構築と機能開拓	今堀 博（京都大学）
高密度共役の科学：電子共役概念の変革と電子物性をつなぐ	関 修平（京都大学）
マテリアルシンバイオシスのための生命物理化学	山吉 麻子（長崎大学）
超秩序構造が創造する物性科学	林 好一（名古屋大学）
散乱・揺らぎ場の包括的理解と透視の科学	的場 修（神戸大学）

## 学術変革領域研究 (B)

より挑戦的かつ萌芽的な研究に小規模・少人数で短期的に取り組み、将来の学術変革領域研究（A）への展開が期待されるものとし、学問分野に新たな変革や転換をもたらす、既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指す研究を対象とする。  
（期間3年、単年度当たり5000万円以下）

### 2020-2022年度

研究領域名	領域代表者名
機能性ラマンプローブによる革新的多重イメージング	神谷 真子（東京大学）
高分子材料と高分子鎖の精密分解科学	沼田 圭司（理化学研究所）
重水素学：重水素が示す物性の理解と活用	中 寛史（名古屋大学）



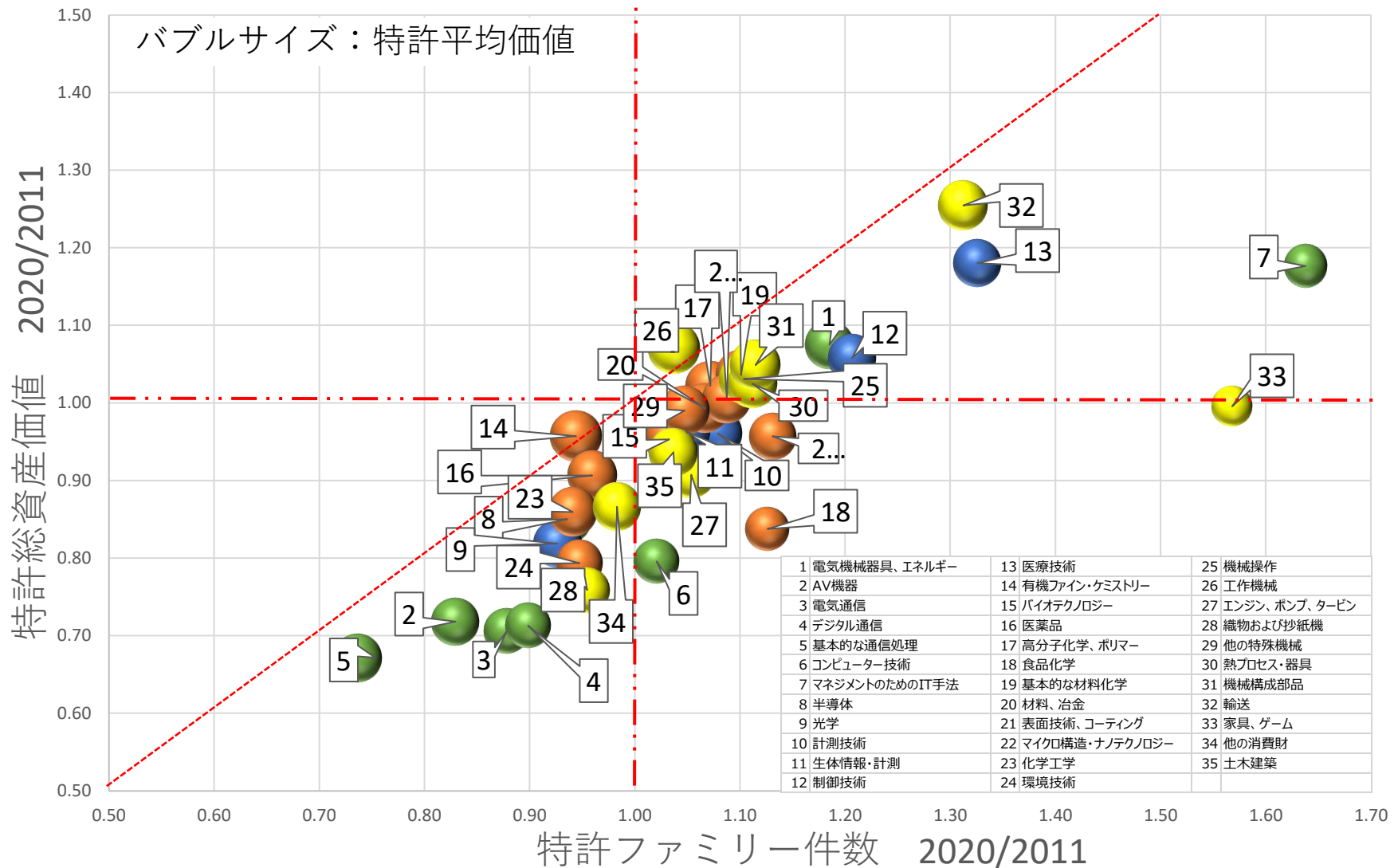
# NEDOの主要プロジェクト



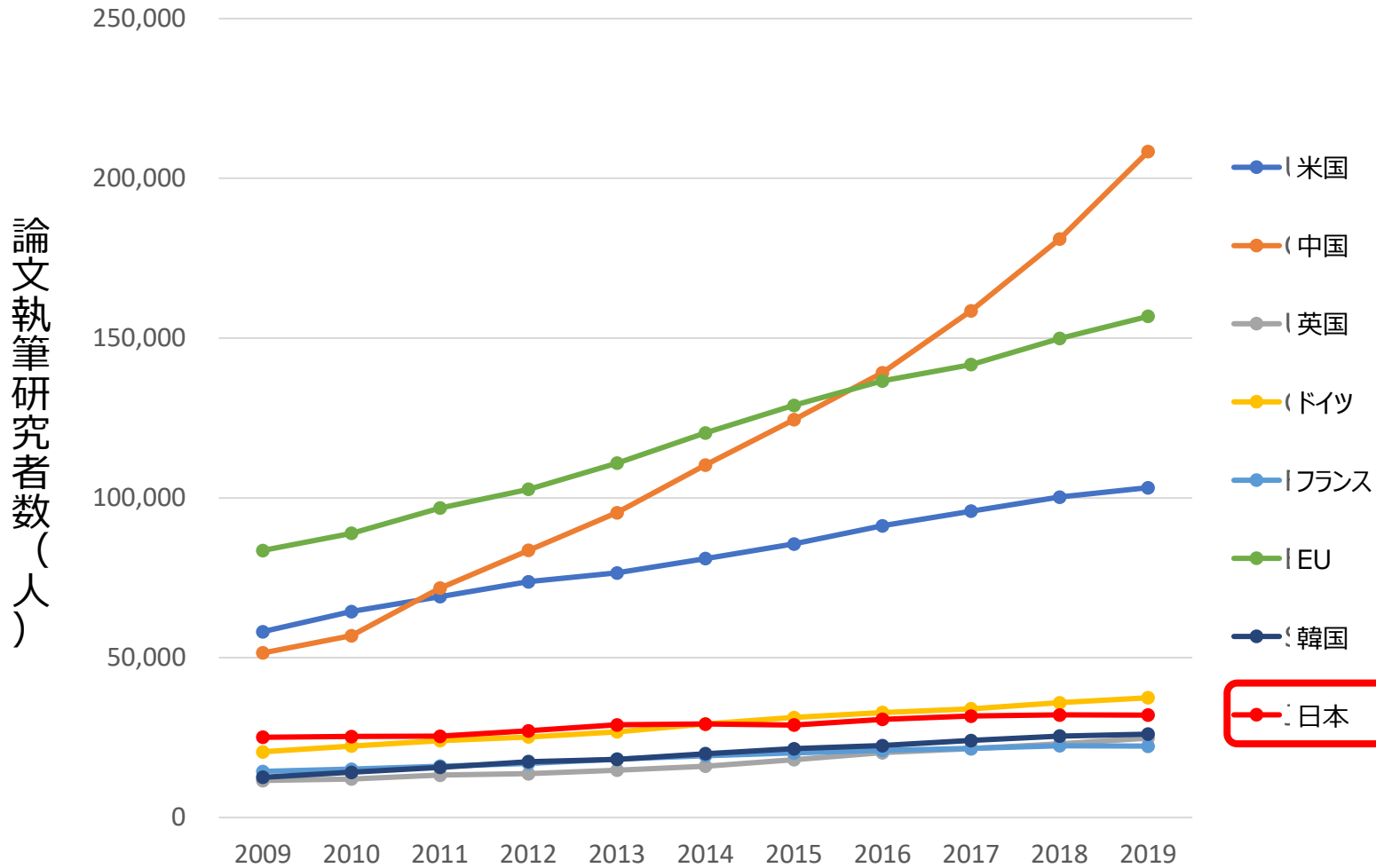
※ナノテク・材料関係を抜粋

分野	事業・プロジェクト名	研究期間	分野	事業・プロジェクト名	研究期間
太陽光発電	太陽光発電主力電源化推進技術開発	2020-24	新製造技術	高輝度・高効率次世代レーザー技術開発	2016-20
燃料電池・水素	水素利用等先導研究開発事業	2014-22		積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業	2019-23
	水素社会構築技術開発事業	2014-22	材料・部材	二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発	2014-21
	超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業	2018-22		有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発	2014-21
	燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	2020-24		革新的新構造材料等研究開発	2014-22
革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発	2016-22	植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発		2016-20	
蓄電池	先進・革新蓄電池材料評価技術開発（第2期）	2018-22	超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト	2016-21	
	電気自動車用革新型蓄電池開発	2021-25	機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発	2019-25	
	省エネルギー	環境調和型プロセス技術の開発	2017-22	IoT社会実現のための革新的センシング技術開発	2019-24
戦略的省エネルギー技術革新プログラム		2012-21	海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業	2020-24	
未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発		2015-22	炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発	2020-24	
高温超電導実用化促進技術開発		2016-20	次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト	2020-24	
ネットワーク／コンピューティング	超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	2013-21	カーボンサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発	2020-26	
	高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発	2016-27	希少金属	次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	2014-21
	AIチップ開発加速のためのイノベーション推進事業	2018-22		ロボット・AI	次世代人工知能・ロボットの中核となるインテグレート技術開発
	Connected Industries推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業	2019-21	ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト		2017-21
	ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業	2019-	人工知能技術適用によるスマート社会の実現		2018-22
3R・水循環	高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業	2017-22	革新的ロボット研究開発基盤構築事業	2020-24	
	革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発	2020-24			

# WIPO 35技術分類の特許国際競争力の推移 (2020/2011比)

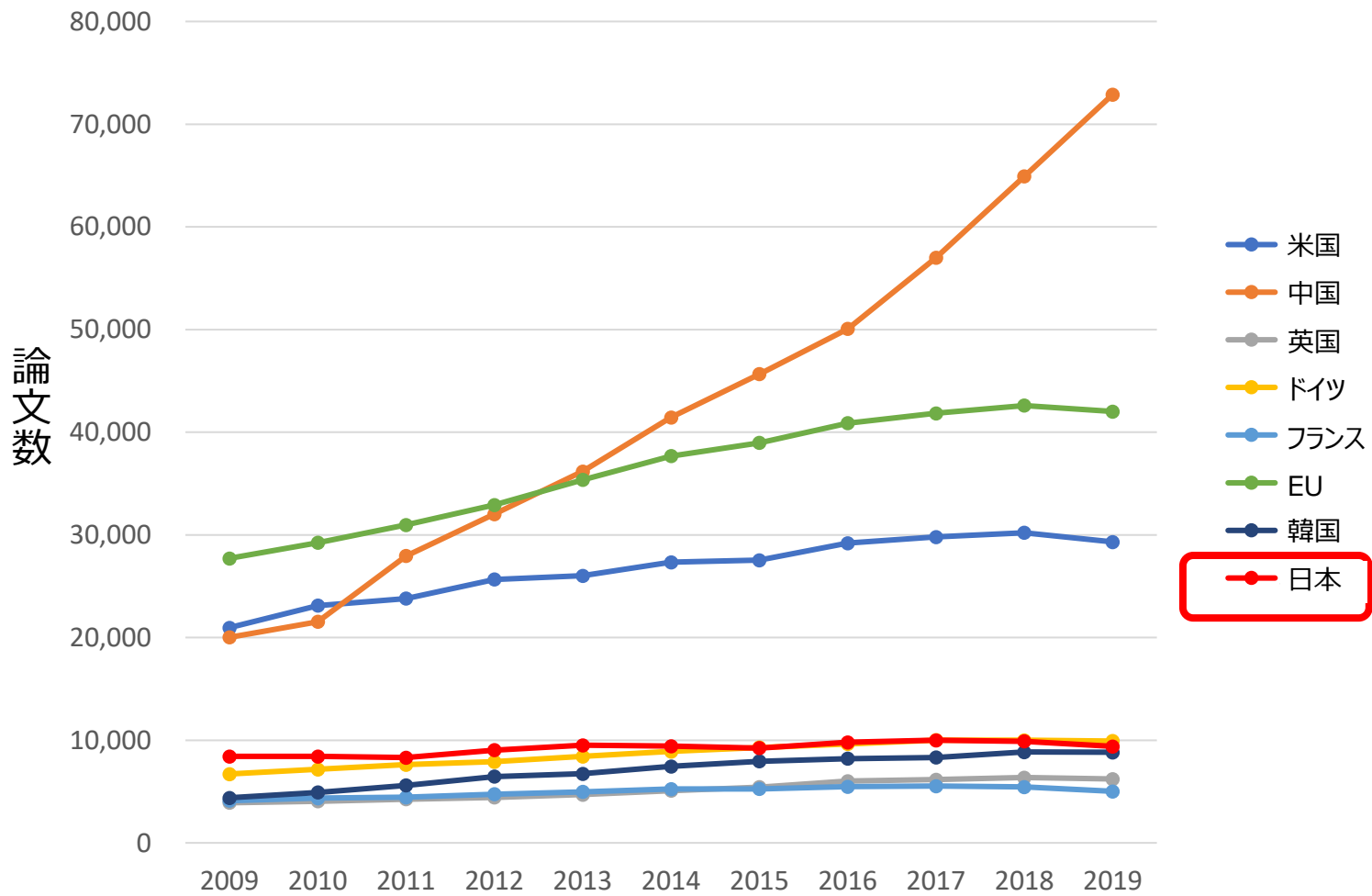


# 研究者コミュニティ（論文執筆者動向）



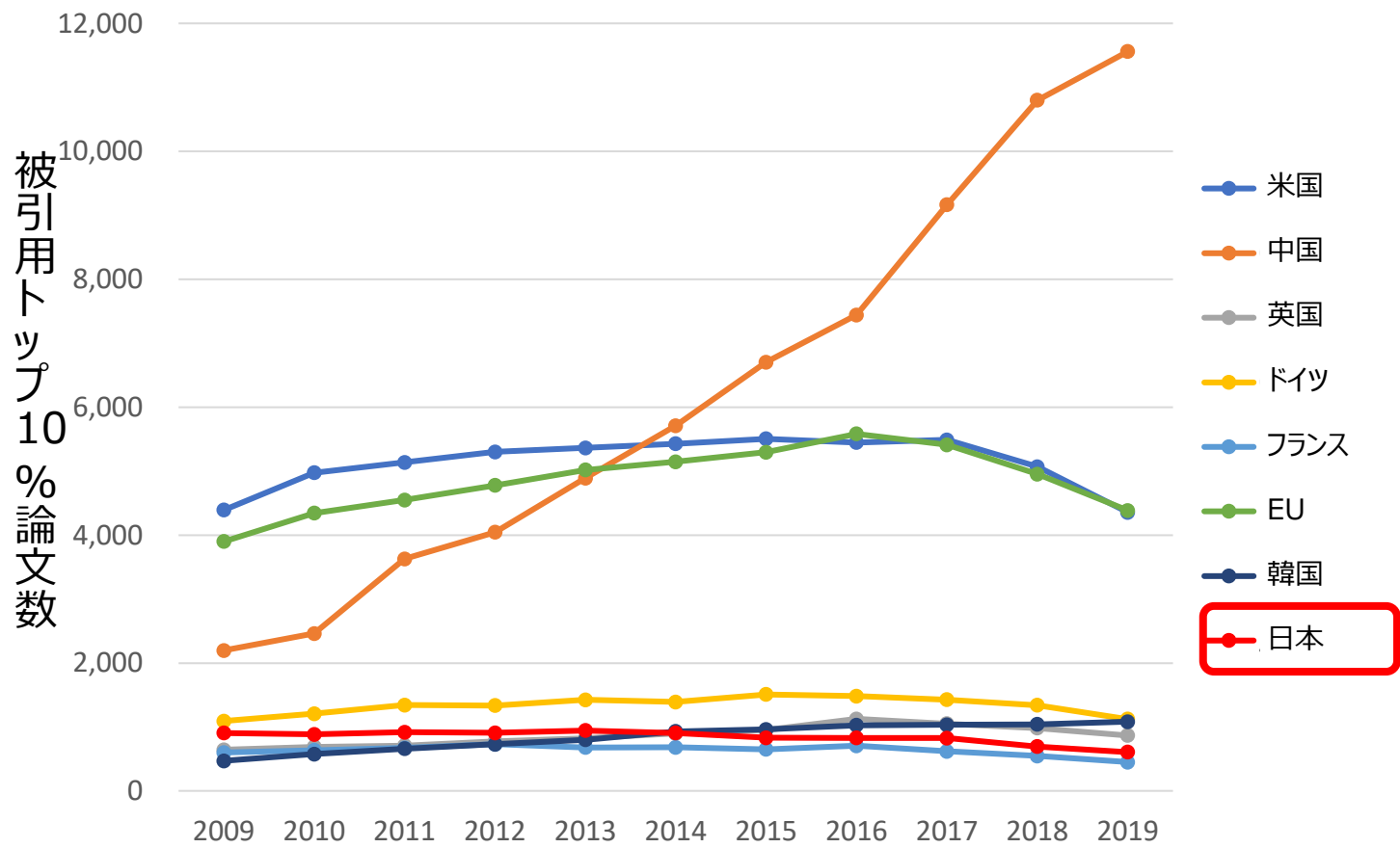
出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工  
 (論文執筆者研究者数は研究者ID単位による整数カウント)

1.2.5-4



出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工

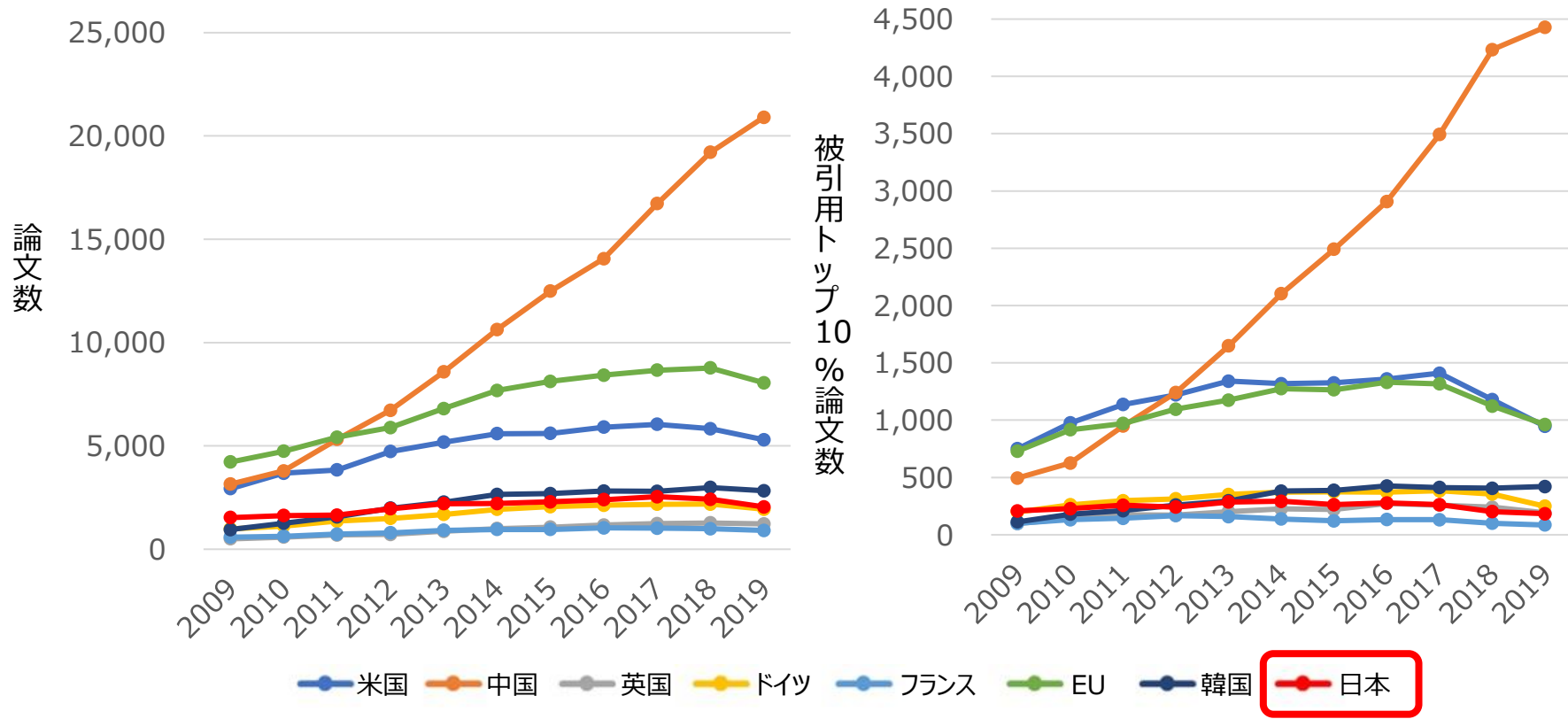
1.2.5-5



出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工

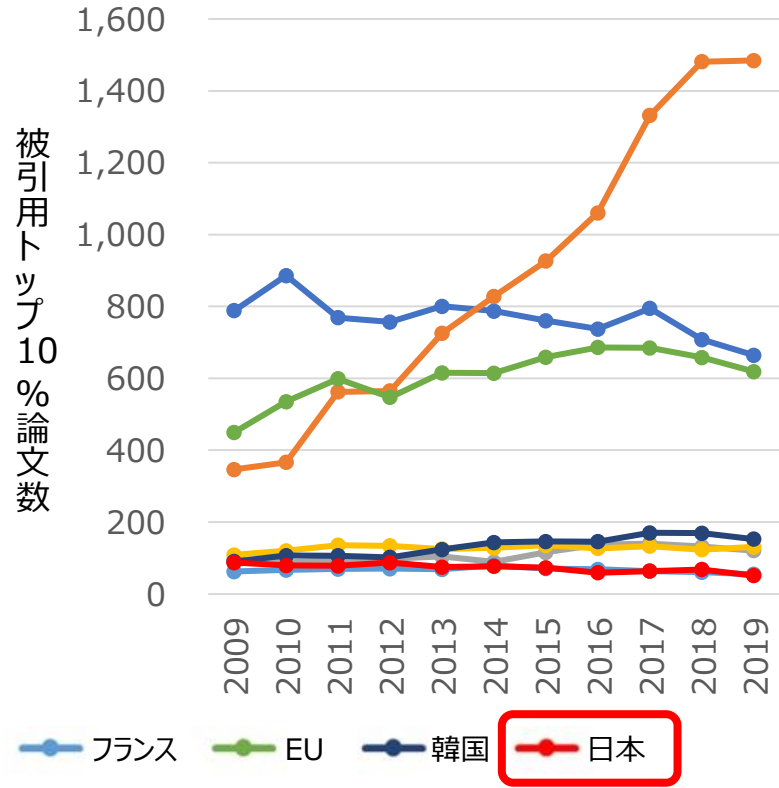
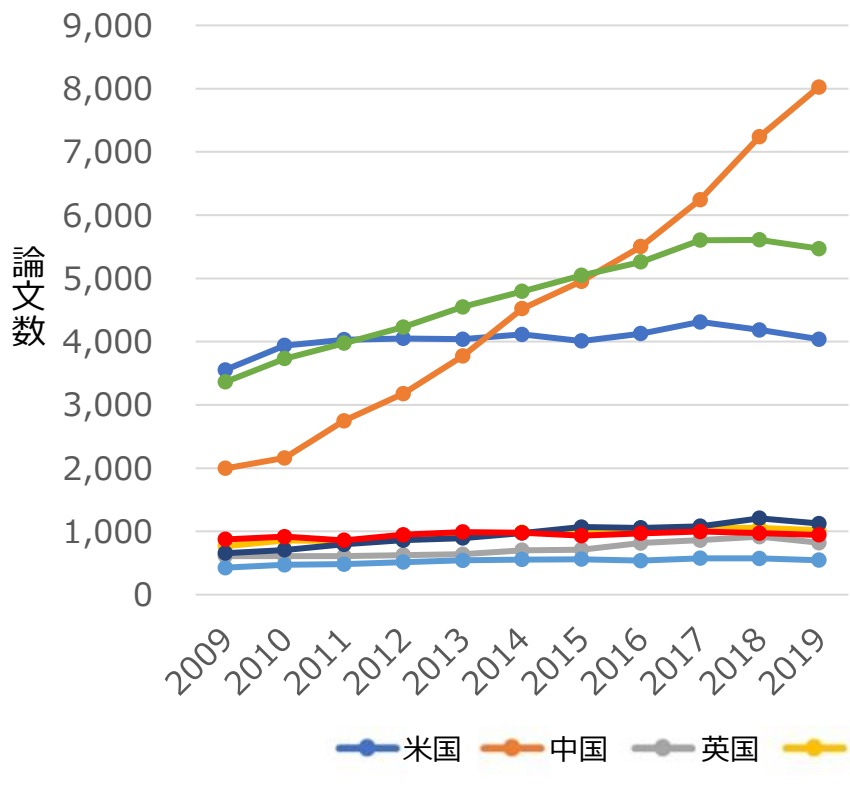


# 1.2.5-6 (環境・エネルギー)



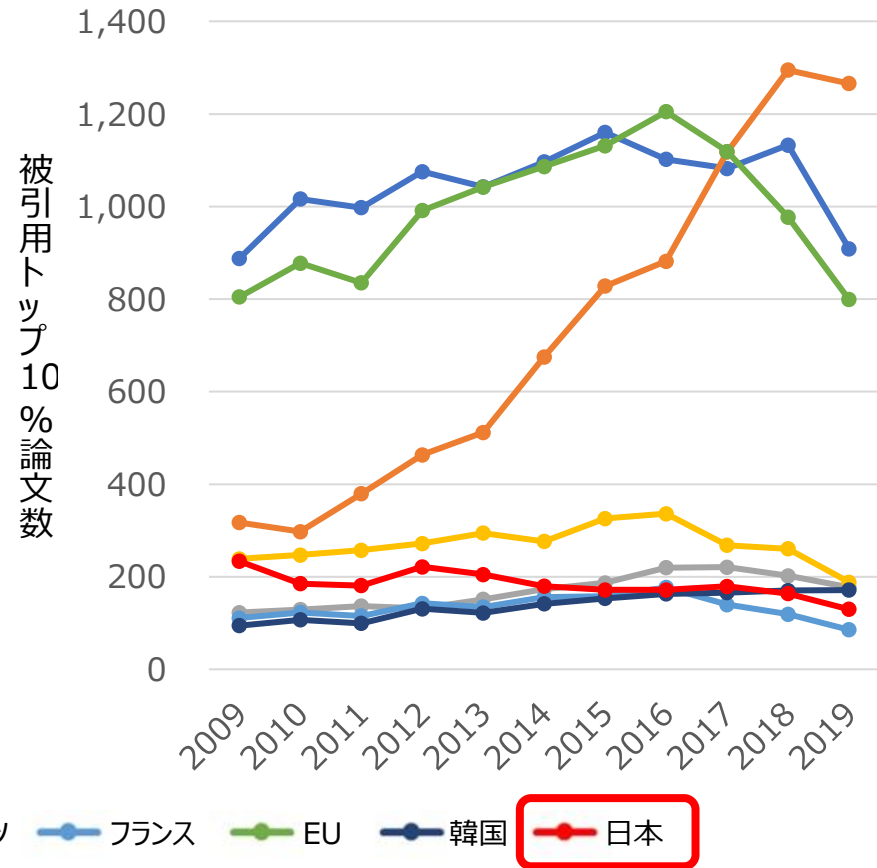
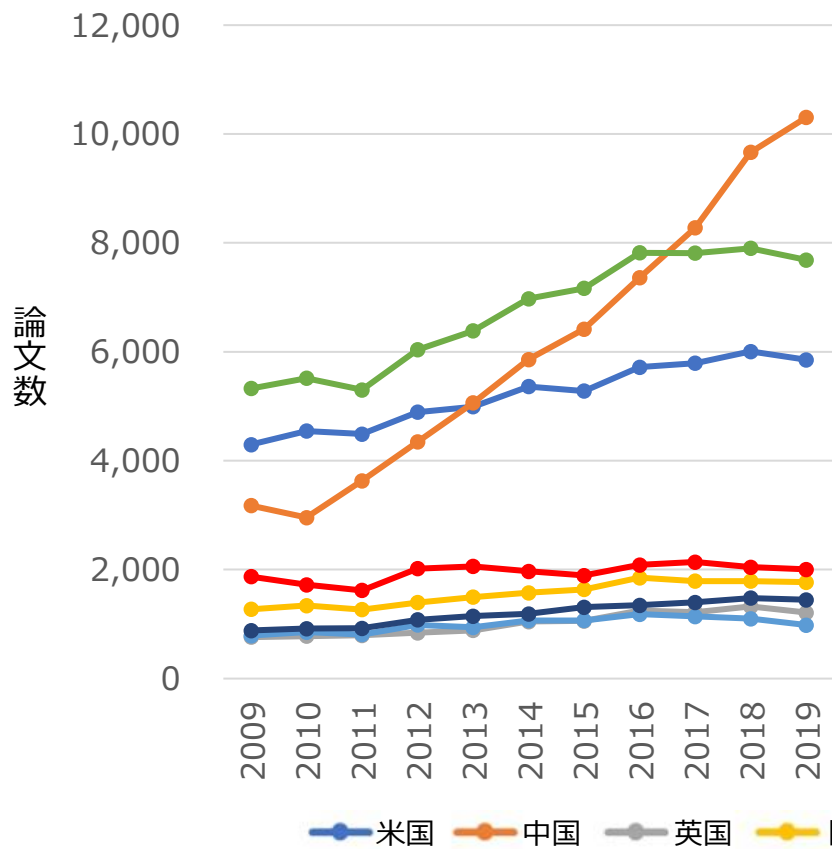
出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工

# 1.2.5-7 (ライフ・ヘルスケア)



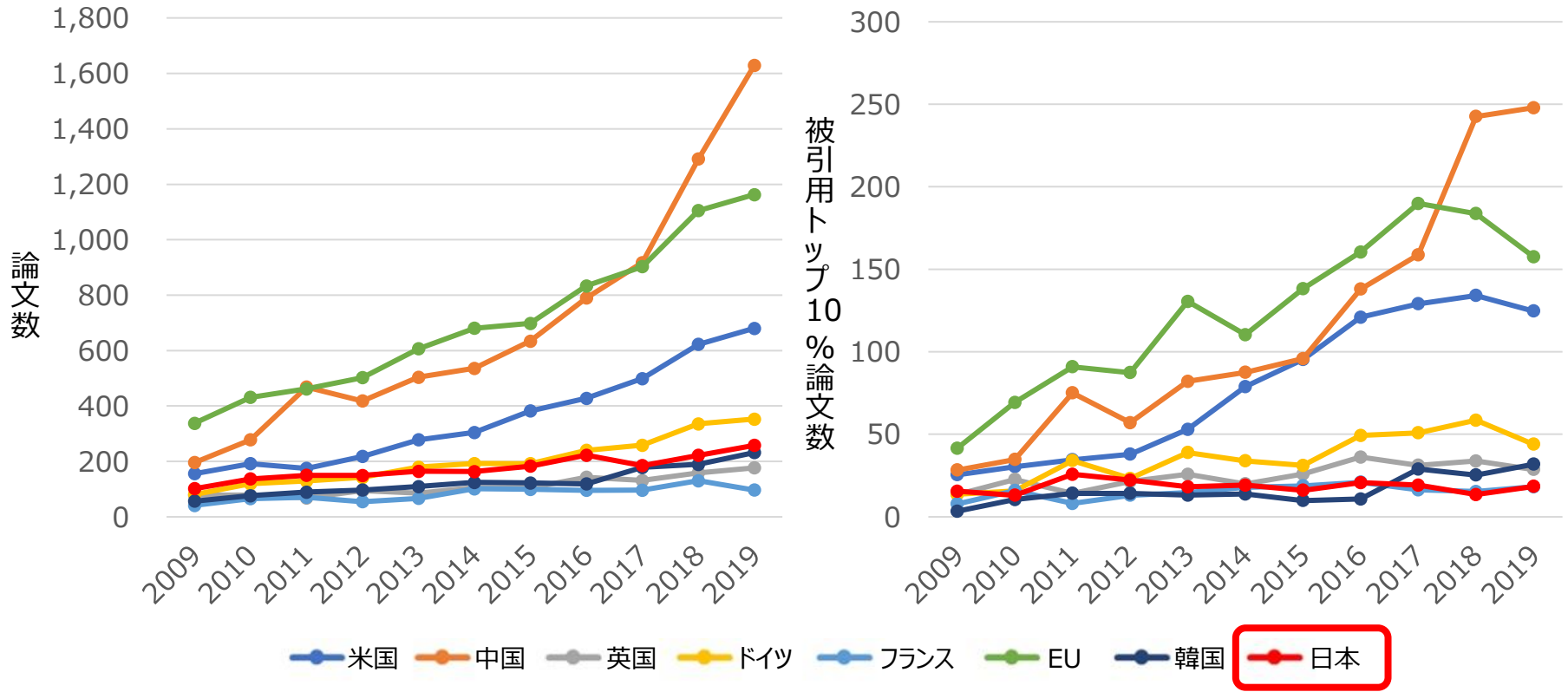
出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工

## 1.2.5-8 (ICT・エレクトロニクス)



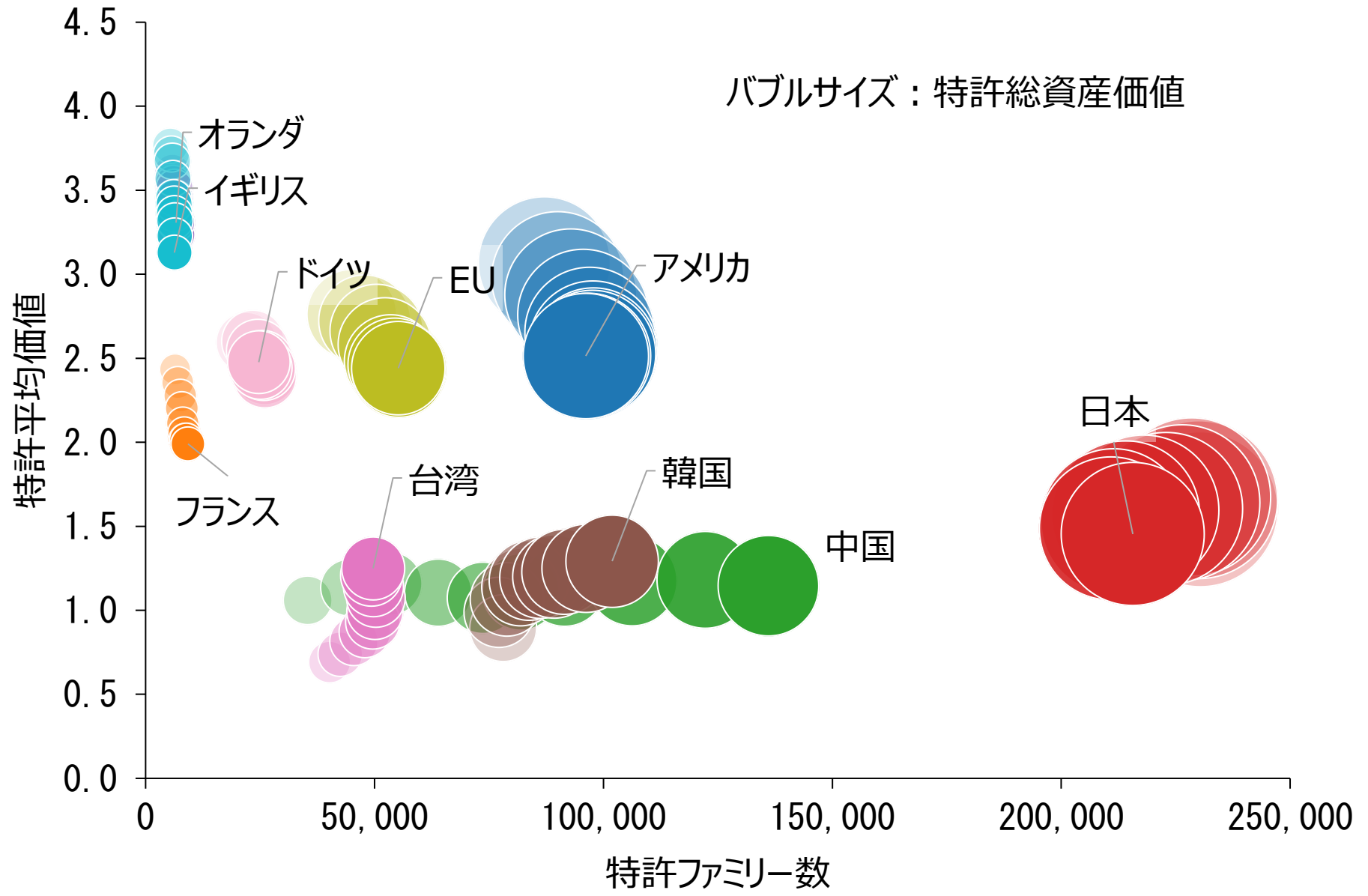
出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工

# 1.2.5-9 (社会インフラ)

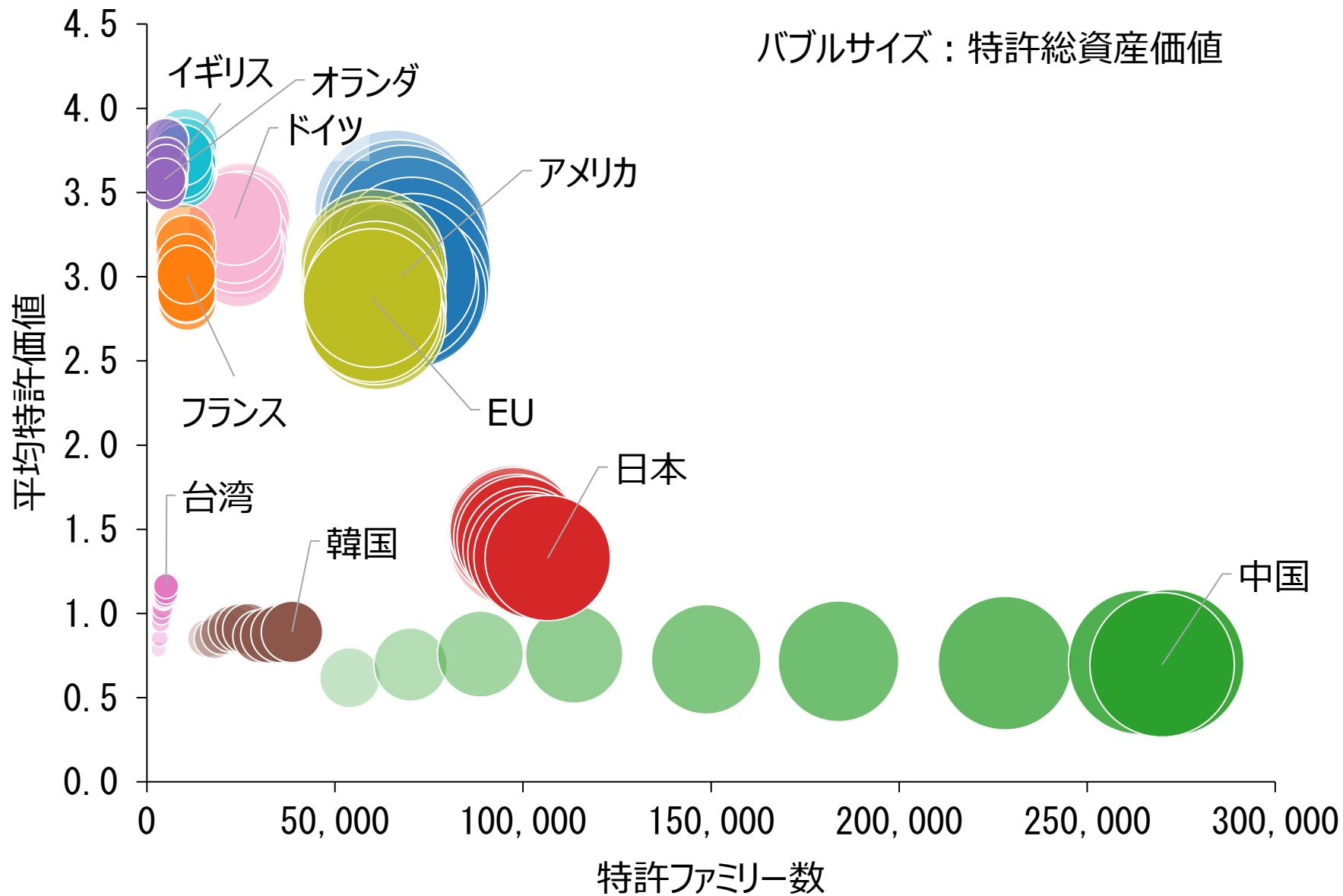


出典：クラリベイト・アナリティクス社のWeb of Scienceデータを同社・CRDSが加工

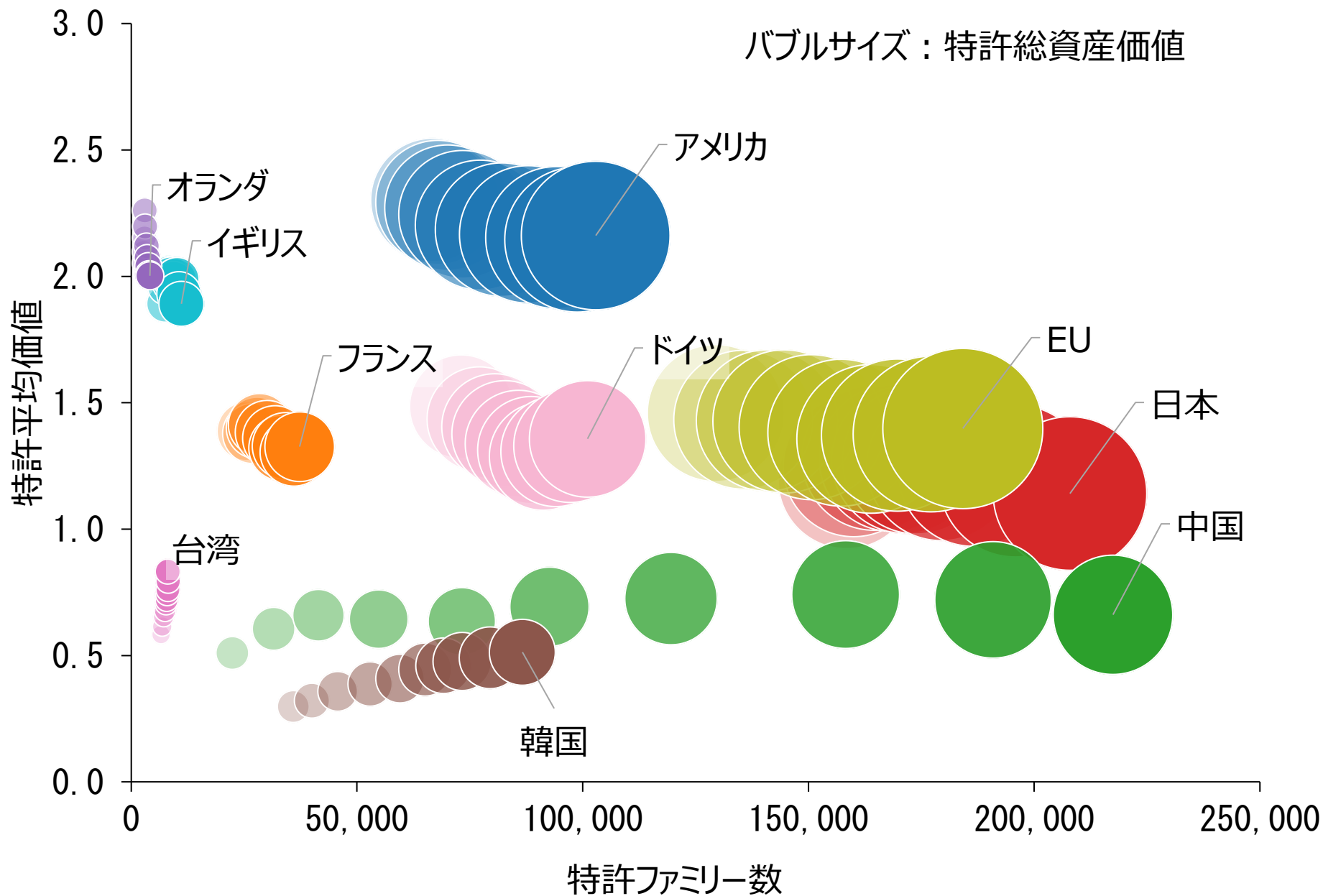
● 半導体



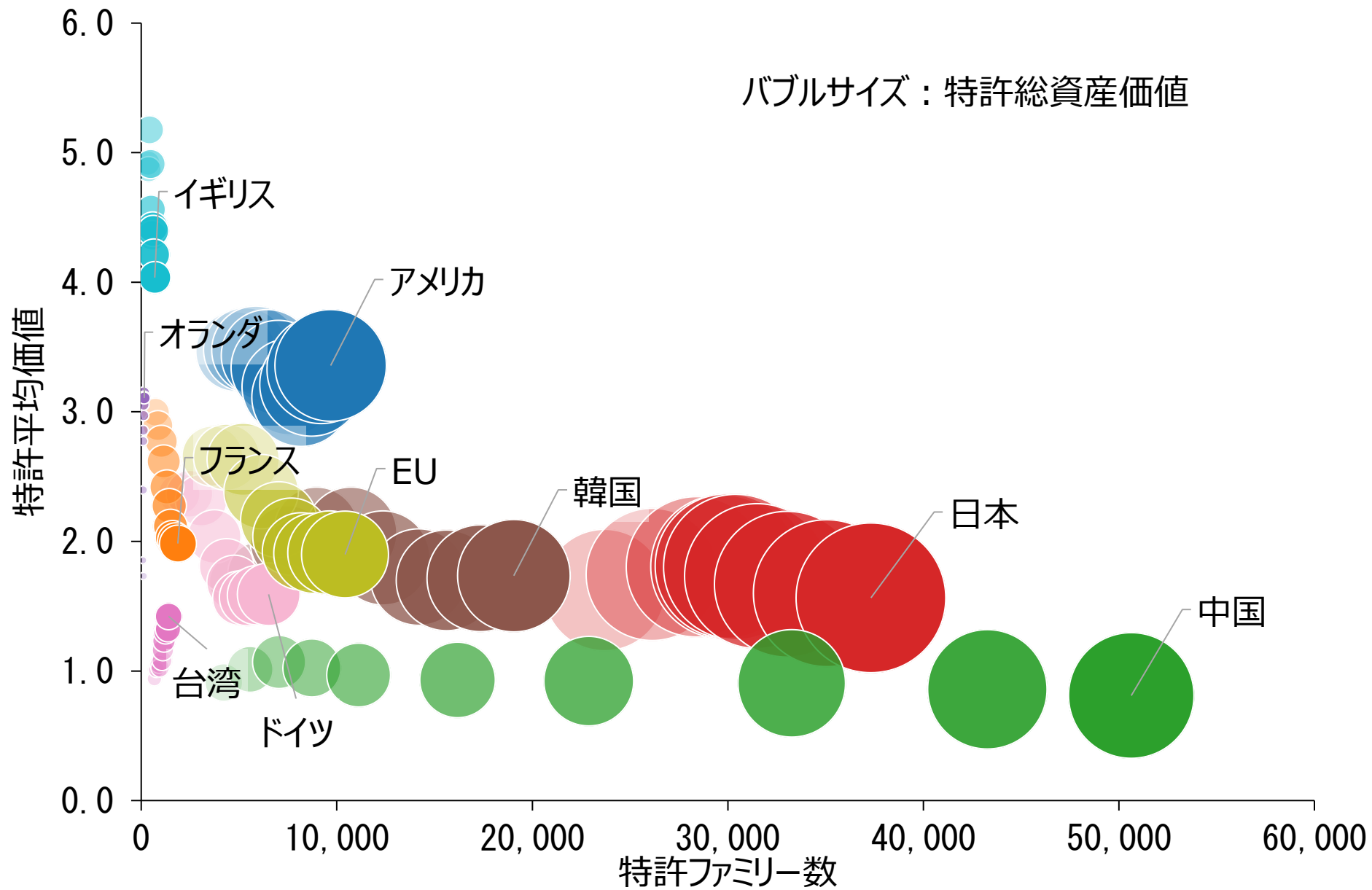
# ● 基本的な材料化学



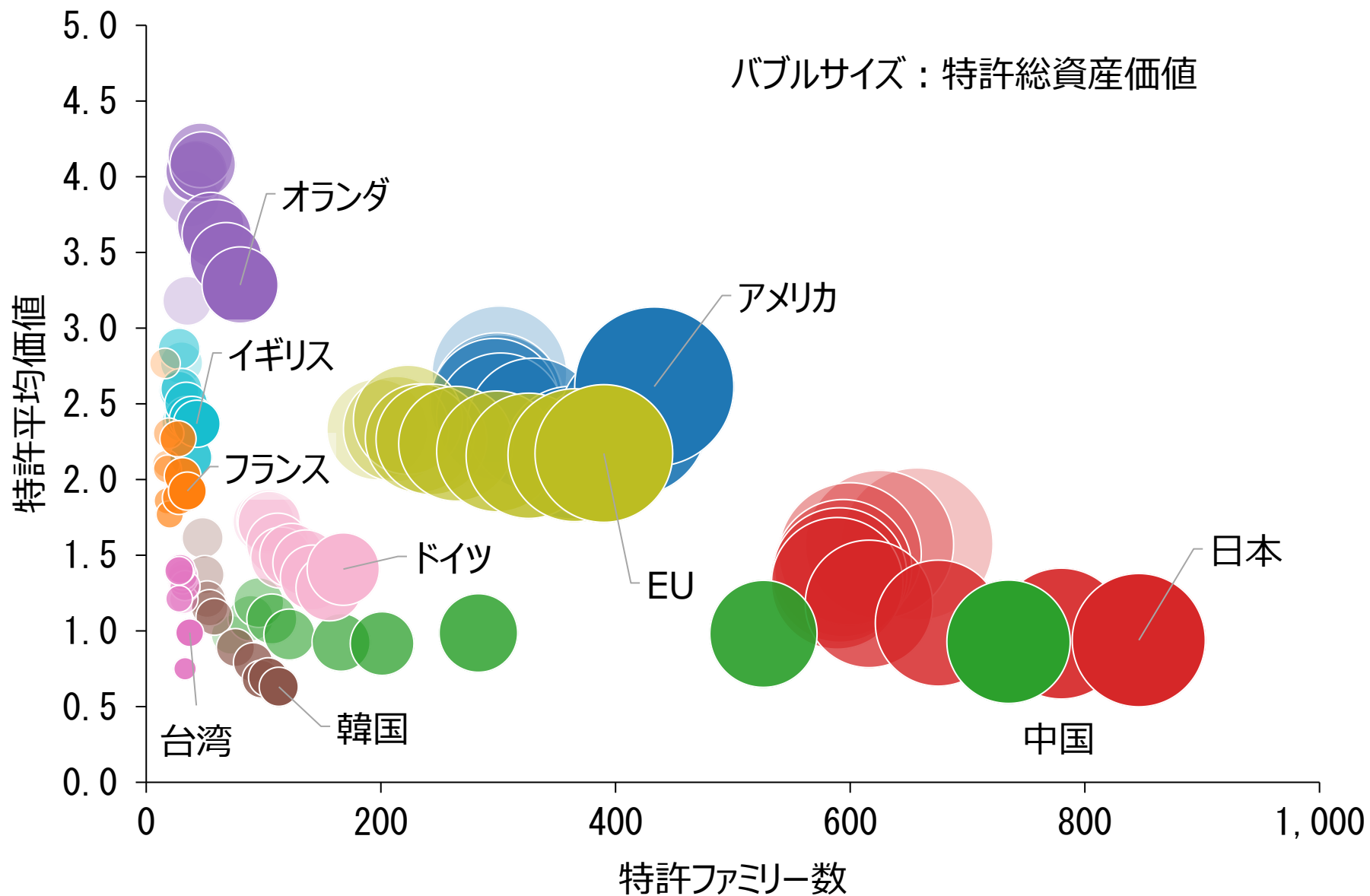




● 二次電池



# ● 電子顕微鏡



# ●材料プロセス（真空蒸着、スパッタリング、CVD等）

